

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 8 月 29 日 (29.08.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/067250 A1

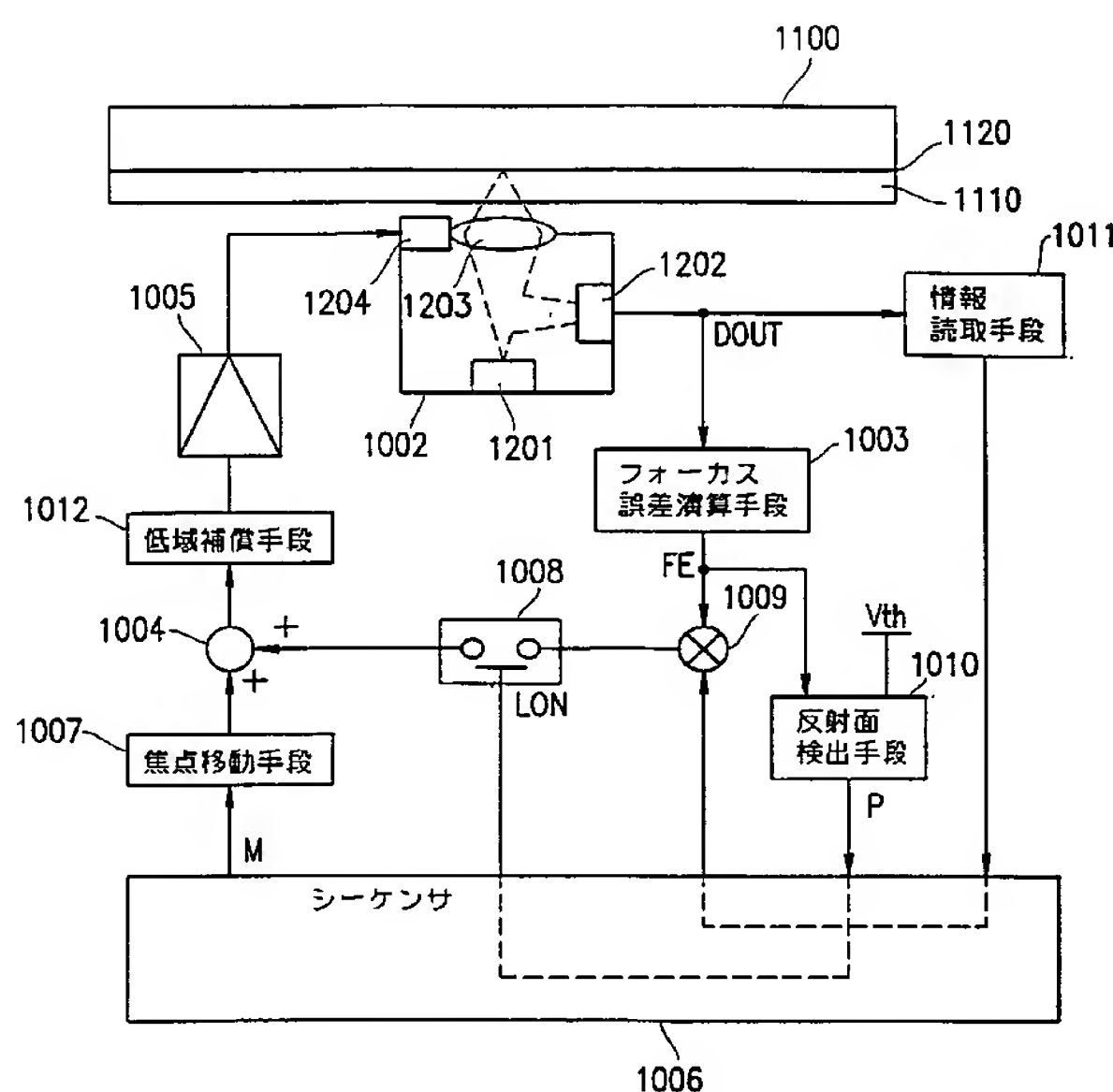
- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G11B 7/085, 7/09
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/01513
- (22) 国際出願日: 2002 年 2 月 20 日 (20.02.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2001-046057 2001 年 2 月 22 日 (22.02.2001) JP  
特願2001-128872 2001 年 4 月 26 日 (26.04.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石橋 広通 (ISHIBASHI, Hiromichi) [JP/JP]; 〒567-0876 大阪府茨木市天王2丁目6-H-503 Osaka (JP). 渡邊 克也 (WATANABE, Katsuya) [JP/JP]; 〒631-0033 奈良県奈良市あやめ池南7-854-2 Nara (JP). 藤畝 健司 (FUJUNE, Kenji) [JP/JP]; 〒570-0014 大阪府守口市藤田町3丁目19-1-302 Osaka (JP). 山田 真一 (YAMADA, Shinichi) [JP/JP]; 〒576-0052 大阪府交野市私部1-51-8 Osaka (JP). 久世 雄一 (KUZE, Yuuichi) [JP/JP]; 〒566-0043 大阪府摂津市一津屋3丁目7番31-602号 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 山本 秀策 (YAMAMOTO, Shusaku); 〒540-6015 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号クリスタルタワー15階 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL DISK UNIT

(54) 発明の名称: 光ディスク装置



(57) Abstract: An optical disk unit (2001) comprising a reflection surface detection means (1010) for detecting a reflection surface, a focus control means (1202, 1003, 1009, 1008, 1003, 1012, 1005, 1204) for performing a focus control on a reflection surface so that the distance between the focal point of a light beam applied to an optical disk (2100) and the reflection surface falls within a specified error range, a moving means (1007) for moving the position of the light beam's focal point vertically with respect to the optical disk, and a control means (1006) for control the focus control means and the moving means.

- 1001...INFORMATION READ MEANS
- 1012...LOW-PASS COMPENSATION MEANS
- 1003...FOCUS ERROR COMPUTING MEANS
- 1006...SEQUENCER
- 1007...FOCAL POINT MOVING MEANS
- 1010...REFLECTION SURFACE DETECTION MEANS

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

光ディスク装置 2 0 0 1 は、反射面を検出する反射面検出手段 1 0 1 0 と、光ディスク 2 1 0 0 に照射される光ビームの焦点と反射面との距離が所定の誤差範囲内となるように反射面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段 (1 2 0 2、1 0 0 3、1 0 0 9、1 0 0 8、1 0 0 3、1 0 1 2、1 0 0 5、1 2 0 4) と、光ビームの焦点の位置を光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段 1 0 0 7 と、フォーカス制御手段と移動手段とを制御する制御手段 1 0 0 6 とを備えている。

## 明 細 書

## 光ディスク装置

## 5 技術分野

本発明は、デジタルビデオ情報などの情報を高密度で光ディスクに記録し、光ディスクに記録された情報を再生する光ディスク装置に関し、特に、光ディスクの情報面に対するフォーカス制御を正確に実行することが可能な光ディスク装置に関する。

10

## 背景技術

15

近年、光ディスク装置は大容量の可交換媒体という特徴が注目され、将来のビデオレコーダとして益々普及することが期待されている。光ディスクが大容量可交換媒体である所以は、一つは、媒体に対して非接触で記録・再生が実行されることにある。つまり、レーザービームを集束させ、その焦点を光ディスク情報記録層に照射し、これにて記録および再生を行うのであるから、ディスクの表面に多少のゴミや埃が付着しても、例えば磁気記録のように、ヘッドクラッシュを起こすことは無い。

20

しかし、上記光ディスクの特徴は、フォーカス制御、つまり集束レーザービームの焦点と情報記録層との距離を誤差範囲内に収める制御が安定に実行されることが大前提となる。一旦フォーカス制御が外れてしまうと光ヘッドの対物レンズアクチュエータが暴走し、光ディスク表面に激突する場合がある。こういったフォーカス外れは特にフォーカス引き込み時、つまり、光ディスクドライブを起動した直後、レーザービーム焦点をフォーカス制御のキャプチャーレンジ内に移動させ、フォーカス制御ループを閉じる、その過程において発生する頻度が高い。従って、従来から、フォーカスの引き込みについては様々な方法が検討され

25

てきた。

例えば、特開平 9 - 1 1 5 1 4 7 号公報に記載されている方法によれば、初期のレーザービーム焦点が光ディスク情報記録層より近いか遠いかを予め判別し、この初期状態に応じたフォーカス引き込み処理を実行する。まず、焦点が情報記録層より近いと判定された場合、対物レンズアクチュエータを駆動して焦点を情報記録層に近づけ、フォーカス引き込みのキャプチャレンジに入ったところでフォーカス制御の閉ループ動作に切り替える。これとは逆に遠いと判定された場合、上記アクチュエータを遠ざける方向に駆動し、同様に閉ループ動作に切り替える。

しかしながら従来の方法では、対物レンズのワーキングディスタンス（対物レンズと光ディスク表面との距離）が光ディスクの面振れに比べて小さい場合、対物レンズが光ディスク表面に衝突する確率が顕著に増加するといった問題点を有していた。すなわち、1 回でフォーカスの引き込みが成功する場合は問題無いが、失敗した場合、仮に対物レンズアクチュエータの暴走が無いとしても、ディスクの面振れがワーキングディスタンスを越えていれば、ディスクの方から対物レンズに衝突してくる可能性がある。

現在市販されている CD、DVD プレーヤについては対物レンズの NA（開口数）は高々 0.45 ~ 0.6 程度であり、ワーキングディスタンスは 0.5 mm 以上確保することが可能である。従って通常起こりうる 0.2 mm 程度の面ぶれなら十分吸収することができる。しかし、今後、さらに記録容量を高めるために NA を限界近くまで高めた場合、対物レンズの設計上ワーキングディスタンスは極度に小さくなる。例えば、NA を 0.85 とした場合、保護層の厚みを 0.1 mm 程度（CD の保護層厚みは 1.2 mm、DVD は 0.6 mm）にしたとしてもワーキングディスタンスは 0.15 mm 程度になる。

本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、光ディスクの大容量化に伴い対物レンズのワーキングディスタンスが十分確保できない場合でも対物



レンズが光ディスクの表面に衝突する頻度を顕著に低減することが可能なフォーカス制御を実行する光ディスク装置を提供することを目的とする。

従来の光ディスク装置として、所定の回転数で回転している光ディスクに半導体レーザ等の光源より発生した光ビームを集束して照射し、光ディスク上に記録されている信号を再生する光ディスク装置がある。光ディスクには複数のトラックが、スパイラル状に形成されている。トラックは、凹凸で形成された溝によって形成されている。情報面上には相変化材料等の記録膜が付けられている。光ディスク上に情報を記録する場合には、光ビームの焦点が情報面上に位置するようにフォーカス制御しながら、かつ、トラック上に位置するようにトラッキング制御しながら光ビームの強度を情報に応じて変化させることによって記録膜の反射率を変える。光ディスク上の情報を再生する場合には、同様に光ビームの焦点が情報面上に位置するようにフォーカス制御しながら、かつ、トラック上に位置するようにトラッキング制御しながら光ディスクからの反射光を光検出器で受光する。光検出器の出力を処理することによって情報を再生する。

光ディスクの情報面と光ビームの焦点のずれをしめすフォーカスエラー信号は、非点収差法等によって検出される。フォーカスエラー信号は、焦点が情報面と一致した場合に零になる。一般に非点収差法等の検出範囲は $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。従って、フォーカス制御系を動作させる際は予め対物レンズを移動させて焦点位置を前述の検出範囲に移動させ、フォーカスエラー信号がゼロクロスしたタイミングでフォーカス制御を動作させる。しかしながら、焦点が光ディスクの表面を通過する際にもフォーカスエラー信号はゼロクロスする。光ディスクの表面で発生するゼロクロスでフォーカス制御を動作させると焦点が光ディスク表面に位置するようにフォーカス制御される。これを防止するために、光ディスクの表面に比べ情報面の反射率が高いことを利用する。すなわち、光ディスクからの全反射光量のレベルが所定のレベルを超えたことで情報面で発生するゼロクロスを検出する。

ところで近年、光ディスクの片面に2つの情報面を有した書き換え可能な光ディスクが提案されている。以下では、この光ディスクを2層光ディスクという。2層光ディスクは、対物レンズから遠い情報面の情報を再生する際は対物レンズから近い情報面を透過した光ビームで情報を再生するので、対物レンズに近い情報面の反射率を低くなるように設計している。

従って、光検出器で受光されるそれぞれの情報面からの光量は少なくなる。なお、情報面が1つの光ディスクを単層光ディスクという。

上述したように、2層光ディスクにおいてはそれぞれの情報面での全反射光量のレベルが低くなるので全反射光量のレベルに基づいて光ディスク表面と情報面の区別をすることが困難である。すなわち、2層光ディスクにおいて、従来と同様の手法でフォーカス引き込みを実行したとしても確実に情報面にフォーカスを引き込むことができない。

本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、光ディスク表面からの全反射光量レベルと情報面からの全反射光量レベルとの差が小さい場合（例えば、2層光ディスクの場合）でも、情報面に対するフォーカス引き込みを確実に行うことが可能な光ディスク装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

本発明の光ディスク装置は、情報記録層と前記情報記録層の上に形成された保護層とを有する光ディスクのための光ディスク装置であって、反射面を検出する反射面検出手段と、前記光ディスクに照射される光ビームの焦点と反射面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記反射面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記反射面検出手段によって前記保護層の表面が検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記保護層に向かって移

動するように前記移動手段を制御し、前記保護層の表面が検出されると、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を解除し、前記反射面検出手段によって前記情報記録層の表面が検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記情報記録層に向かって移動するように前記移動手段を制御し、前記情報記録層の表面が検出されると、前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、これにより、上記目的が達成される。

前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインとは、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記保護層の表面の反射率との積が、前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記情報記録層の表面の反射率との積に等しくなるように設定されるようにしてもよい。

前記保護層の表面には、前記情報記録層の反射率を示す情報が予め形成されており、前記制御手段は、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を実行している間に、前記情報を前記保護層の表面から読み取り、前記情報に基づいて前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインを設定してもよい。

前記保護層の表面の反射率は、3%～5%であってもよい。

本発明の他の光ディスク装置は、複数のトラックが形成された情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、前記光ディスクに照射された光ビームと前記複数のトラックのうちの対応する1つとの位置ずれを検出し、前記位置ずれを示すトラッキングエラー信号を出力するトラッキングエラー検出手段と、前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する振幅検出手段と、前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が所定の誤差範囲内となるようにフォーカス制御を実

行するフォーカス制御手段と、前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して移動させる移動手段と、前記フォーカス制御手段と前記移動手段と制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記フォーカス制御手段の動作を停止させた状態で、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの前記情報面に形成されたトラックを横断する方向に移動しながら、前記光ディスクに近づくように前記移動手段を制御し、前記制御手段は、前記振幅検出手段によって前記トラッキングエラー信号の振幅が所定の値以上となったことが検出された場合に限り、前記フォーカス制御手段が動作を開始することを許し、これにより、上記目的が達成される。

前記情報面に形成された前記複数のトラックのそれぞれは蛇行していてもよい。

前記光ディスク装置は、前記光ビームの焦点と前記情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手段をさらに備え、前記制御手段は、前記振幅検出手段によって前記トラッキングエラー信号の振幅が所定の値以上となったことが検出され、かつ、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことが検出された場合に、前記フォーカス制御手段の動作を開始させてもよい。

前記光ディスク装置は、バンド・パス・フィルタをさらに備え、前記トラッキングエラー信号は、前記バンド・パス・フィルタを介して前記振幅検出手段に供給されてもよい。

前記制御手段は、前記振幅検出手段が前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する場合における前記光ディスクの回転数が前記光ディスクの前記情報面に記録された情報を再生する場合における前記光ディスクの回転数より小さくなるように前記光ディスクの回転を制御してもよい。

前記制御手段は、前記振幅検出手段が前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する場合における前記光ビームの強度が前記光ディスクの前記情報面に記録された情報を再生する場合における前記光ビームの強度より小さくなるように前記光ビームの強度を制御してもよい。

前記制御手段は、前記光ディスクの回転が停止した状態で前記フォーカス制御を実行し、前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が前記所定の誤差範囲内にあることが検出された後に前記光ディスクが回転を開始するように、前記光ディスクの回転を制御してもよい。

- 5       本発明の他の光ディスク装置は、情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、前記光ディスクに照射された光ビームの焦点と所定の面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、前記フォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、
- 10       前記光ビームの焦点と前記所定の面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記所定の面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手段と、前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が最初にゼロ
- 15       クロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面に向かって第1の方向に移動するように前記移動手段を制御し、前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されると、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面と前記情報面との距離より大きい所定の距離だけ前記第1
- 20       の方向にさらに移動するように前記移動手段を制御し、前記光ビームの焦点を前記所定の距離だけ前記第1の方向にさらに移動させた後、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記情報面に向かって前記第1の方向とは反対の
- 25       第2の方向に移動するように前記移動手段を制御し、前記フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことが検出されると、前記情報面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、これにより、上記目的が達成される。



前記制御手段は、前記光ディスクの回転が停止した状態で前記フォーカス制御を実行し、前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が前記所定の誤差範囲内にあることが検出された後に前記光ディスクが回転を開始するように、前記光ディスクの回転を制御してもよい。

- 5       本発明の他の光ディスク装置は、情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、前記光ディスクに照射された光ビームの焦点と所定の面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、前記フォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、
- 10       前記光ビームの焦点と前記所定の面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記所定の面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手段と、前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、前記制御手段は、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が最初にゼロ
- 15       クロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面に向かって移動するように前記移動手段を制御し、前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されると、前記光ディスクの表面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、前記光ディスクの表面に対するフォーカス制御を実行している間に、前記光ディスクの回転角度
- 20       に応じた前記移動手段の変位を示す変位情報を記憶手段に記憶し、前記フォーカス制御手段の動作を停止させた状態で、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記記憶手段に記憶した前記変位情報に基づいて、前記光ビームの焦点が前記情報面に向かって移動するように前記移動手段を制御し、前記フォーカスエラー信号が2回
- 25       目にゼロクロスしたことが検出されると、前記情報面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、これにより、上記目的が達成



される。

前記フォーカス制御手段は、フォーカス制御手段が動作を開始してから所定の期間は、前記光ディスクに記録された情報を再生する場合に比べて位相が進む帯域が広くなるように位相補償を制御してもよい。

- 5 前記フォーカス制御手段は、フォーカス制御手段が動作を開始してから所定の期間は、前記光ディスクに記録された情報を再生する場合に比べてゲインが小さくなるようにゲインを設定してもよい。

10 本発明の他の光ディスク装置は、複数の情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、前記複数の情報面のうち所定の情報面に光ビームを照射した場合において、前記光ディスクからの反射光を検出する光検出手段と、前記光検出手段の出力に基づいて、前記光ビームの焦点と前記所定の情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、前記光検出手段の出力に基づいて、前記光ディスクからの全反射光量を検出する全反射光量検出手段と、前記全反射光量検出手段の出力から、前記光ディスクの所定の情報面以外の情報面により反射される反射光量に応じた信号値を減算した値で、  
15 前記フォーカスエラー信号を除算することにより、正規化されたフォーカスエラー信号を生成する正規化手段とを備えており、これにより、上記目的が達成される。

20 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、前記正規化されたフォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点と前記所定の情報面との距離が所定の誤差範囲内となるようにフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、前記フォーカス制御の系のゲインを測定するフォーカスゲイン測定手段とをさらに備え、前記信号値は、前記フォーカスゲイン測定手段の出力に基づいて変化してもよい。

25 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段をさらに備え、前記信号値は、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの前

記所定の情報面を通過するように前記移動手段を駆動した場合における前記正規化されたフォーカスエラー信号の振幅が一定値となるように変化してもよい。

前記信号値は、前記複数の情報面のそれぞれに対して変化してもよい。

5 前記光ビームの焦点が位置する前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面からの反射光を検出する迷光検出手段をさらに備え、前記信号値は、前記迷光検出手段の出力に基づいて変化してもよい。

10 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、前記正規化されたフォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点を前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面に移動させるように前記移動手段を制御する制御手段とをさらに備えていてもよい。

15 前記光検出手段は、前記光ディスクからの反射光を、光軸に近い内側の領域の光と前記光軸から遠い外側の領域の光とに分割する光ビーム分割手段をさらに備えており、前記フォーカスエラー検出手段は、前記内側の領域の光に基づいて前記光ビームの焦点と前記光ディスクの前記所定の情報面との位置ずれを検出する内側フォーカスエラー検出手段と、前記外側の領域の光に基づいて前記光ビームの焦点と前記光ディスクの前記所定の情報面との位置ずれを検出する外側フォーカスエラー検出手段とを含み、前記制御手段は、前記内側フォーカスエラー検出手段の出力および前記外側フォーカスエラー検出手段の出力の少なくとも一方に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点を前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面に移動させるように前記移動手段を制御してもよい。

20

#### 図面の簡単な説明

25 図1は、本発明の実施の形態1の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 2 A は、シーケンス 1 ～ 4 にわたって集束レーザービームの焦点の位置の変化を示す図である。

図 2 B は、シーケンス 1 ～ 4 にわたってフォーカスエラー信号 F E の変化を示す図である。

5 図 3 は、保護層の表面にディスク情報が形成された光ディスクの一例を示す図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 2 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 5 は、F E 信号の変化の一例を示す図である。

10 図 6 は、光ディスクに形成されたトラックを模式的に示す図である。

図 7 は、光ビームがトラックを横断した場合の T E 信号の波形を示す図である。

図 8 は、対物レンズを光ディスクの情報面に徐々に近づけた場合の各信号の波形を示す図である。

図 9 は、フォーカスを引き込む際の各信号の波形を示す図である。

15 図 1 0 は、本発明の実施の形態 3 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 1 1 は、光ディスクの情報面に形成された複数のトラックを示す図である。

図 1 2 は、フォーカス制御が動作している状態で光ビームがトラックを横断する場合の各信号の波形を示す図である。

20 図 1 3 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

図 1 4 は、本発明の実施の形態 4 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 1 5 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

25 図 1 6 は、本発明の実施の形態 5 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 1 7 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

図 1 8 は、本発明の実施の形態 6 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 1 9 は、位相補償回路の構成例を示すブロック図である。

図 2 0 は、位相補償回路に含まれる各回路の位相特性を示す図である。

5 図 2 1 は、フォーカスを引き込む際の各信号の波形を示す図である。

図 2 2 は、ワーキングディスタンスを示す図である。

図 2 3 は、本発明の実施の形態 7 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 2 4 は、2 層光ディスク 2 1 8 7 と光ビーム 2 1 0 6 とを示す図である。

10 図 2 5 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

図 2 6 は、本発明の実施の形態 8 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 2 7 は、光検出器の構成を模式的に示す図である。

15 図 2 8 は、本発明の実施の形態 9 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

図 2 9 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

図 3 0 は、本発明の実施の形態 1 0 の光ディスク装置の構成例を示すブロック図である。

20 図 3 1 は、第 1 の情報面で制御用 F E 信号が零の場合の外側と内側の光ビームの焦点位置を示す図である。

図 3 2 は、外側 F E 信号、内側 F E 信号の波形を示す図である。

図 3 3 は、光ディスク装置の内部で用いられる各信号の波形を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

25 以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 の光ディスク装置 1 0 0 1 の構成例を示す。

光ディスク装置 1 0 0 1 は、光ディスク 1 1 0 0 に情報を記録し、または、光ディスク 1 1 0 0 に記録されている情報を再生する。光ディスク 1 1 0 0 は、情報記録層 1 1 2 0 と、情報記録層 1 1 2 0 の上に形成された保護層 1 1 1 0 とを有している。

光ディスク装置 1 0 0 1 は、情報記録層 1 1 2 0 に集束レーザービームを照射するための光ヘッド 1 1 0 2 を含む。

光ヘッド 1 1 0 2 は、レーザー光源 1 2 0 1 と、受光手段 1 2 0 2 と、対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 と、対物レンズ 1 2 0 3 とを含む。

レーザー光源 1 2 0 1 は、レーザービームを出射する。レーザー光源 1 2 0 1 から出射されたレーザービームは、対物レンズ 1 2 0 3 によって集束される。その結果、集束レーザービームが光ディスク 1 1 0 0 に照射される。光ディスク 1 1 0 0 によって反射された集束レーザービームは、対物レンズ 1 2 0 3 を通って受光手段 1 2 0 2 によって受け取られる。対物レンズ 1 2 0 3 は、対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 によって駆動される。

受光手段 1 2 0 2 は、例えば、多分割された受光部から構成される。受光手段 1 2 0 2 から出力される信号群 (DOU T) は、フォーカス誤差演算手段 1 0 0 3 および情報読取手段 1 0 1 1 に供給される。フォーカス誤差演算手段 1 0 0 3 は信号群 DOU T からフォーカスエラー信号 (F E) を生成する。フォーカスエラー信号とは、前記集束レーザービームの焦点と反射面 (後述するが、保護層 1 1 1 0 の表面または情報記録層 1 1 2 0) との距離に応じて変化する信号である。フォーカスエラー信号 F E は、ゲインアンプ 1 0 0 9、スイッチ 1 0 0 8、加算手段 1 0 0 4、低域補償手段 1 0 1 2、アクチュエータドライバ 1 0 0 5 を経由して光ヘッド 1 0 0 2 の対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 にフィードバックされる。

このように、受光手段 1 2 0 2、フォーカス誤差演算手段 1 0 0 3、ゲインア



ンプ 1 0 0 9、スイッチ 1 0 0 8、加算手段 1 0 0 4、低域補償手段 1 0 1 2、  
アクチュエータドライバ 1 0 0 5 および対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 によ  
ってフォーカスサーボを実行するフォーカス制御ループが形成される。スイッチ  
1 0 0 8 は、フォーカス制御ループを開閉するために使用される。加算手段 1 0  
5 0 4 は、後述する焦点移動手段 1 0 0 7 の出力信号をフォーカス制御ループに加  
算するために使用される。

受光手段 1 2 0 2、フォーカス誤差演算手段 1 0 0 3、ゲインアンプ 1 0 0 9、  
スイッチ 1 0 0 8、加算手段 1 0 0 4、低域補償手段 1 0 1 2、アクチュエータ  
ドライバ 1 0 0 5 および対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 は、フォーカスエラ  
10 ー信号 F E に基づいて対物レンズアクチュエータ 1 2 0 4 を駆動することにより、  
集束レーザービームの焦点と反射面との距離が所定の誤差範囲内となるように反  
射面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段として機能する。

焦点移動手段 1 0 0 7 は、前記集束レーザービームの焦点を強制的に光ディス  
ク面に対して垂直に移動させる。焦点移動手段 1 0 0 7 の出力信号は加算器 1 0  
15 0 4 によってフォーカス制御ループに加算される。

シーケンサ 1 0 0 6 は、焦点移動手段 1 0 0 7 およびフォーカス制御手段を制  
御する。シーケンサ 1 0 0 6 は、スイッチ 1 0 0 8 のオンオフを切り換えること  
によってフォーカス制御手段を制御する。スイッチ 1 0 0 8 がオンの場合には、  
フォーカス制御ループが閉状態となり、フォーカス制御手段が動作する。スイッ  
20 チ 1 0 0 8 がオフの場合には、フォーカス制御ループが開状態となり、フォーカ  
ス制御手段の動作が停止する。

シーケンサ 1 0 0 6 は、例えば、後述するシーケンス 1 ～ 4 を生成するための  
プログラムが組み込まれたマイクロプロセッサによって構成され得る。

以下、図 2 A および図 2 B を参照して、シーケンサ 1 0 0 6 の機能を説明する。  
25 シーケンサ 1 0 0 6 は、以下に示すシーケンス 1 ～ 4 をシーケンシャルに実行す  
る。図 2 A は、シーケンス 1 ～ 4 にわたって集束レーザービームの焦点の位置の



変化を示す。図2Bは、シーケンス1～4にわたってフォーカスエラー信号FEの変化を示す。

(シーケンス1)

シーケンサ1006は、集束レーザービームの焦点が保護層1110に向かっ  
て移動するように焦点移動手段1007を制御する。このような制御は、例えば、  
シーケンサ1006が焦点移動手段1007にコマンドMを発行することによっ  
てなされる。コマンドMに応答して対物レンズアクチュエータ1204にDC電  
流が供給される。これにより、対物レンズ1203が光ディスク1100に対し  
て垂直方向に所定速度で移動する。

シーケンス1では、スイッチ1008はオフ状態にされている。従って、フォーカス制御ループは開状態であり、フォーカス制御手段は停止状態である。

シーケンス1は、反射面検出手段1010によって反射面（すなわち、保護層1110の表面）が検出されたときに終了する。

反射面の検出は、例えば、フォーカスエラー信号FEが所定のしきい値（ $V_{th}$ ）を超えたことを検出することによって行うことができる（図2B）。このような検出は、「集束レーザービームの焦点と反射面との距離が近接している場合（すなわち、検出可能範囲内である場合）にはフォーカス誤差にほぼ比例した振幅を有するフォーカスエラー信号が得られるが、検出可能範囲外である場合にはそのような振幅を有するフォーカスエラー信号が得られない」というフォーカスエラー信号に特有の性質（いわゆるS字特性）を利用したものである。

(シーケンス2)

シーケンサ1006は、保護層1110の表面に対するフォーカス制御を実行するようにフォーカス制御手段を制御する。この制御は、スイッチ1008をオフ状態からオン状態に切り換えることによって達成される。反射面検出手段1010は、フォーカスエラー信号FEが所定のしきい値（ $V_{th}$ ）を超えたことを検出すると出力パルス信号Pを出力する。シーケンサ1006は、出力パルス信

号Pのエッジに応答して、スイッチ1008を閉じるループオン信号(LON)を生成する。これにより、スイッチ1008はオン状態となり、保護層1110の表面に対するフォーカス制御が開始される。

シーケンス2は、保護層1110の表面に対するフォーカス制御が安定したときに終了する。例えば、フォーカス制御の開始から所定の時間が経過すると「フォーカス制御が安定した」とみなして差し支えない。その所定の時間は、フォーカス制御帯域に応じて決定される応答時間の10倍程度（あるいはそれ以上）の時間であることが好ましい。例えば、フォーカス制御帯域が10kHzに対応する応答時間は0.1msである場合には、その所定の時間は、1ms(=0.1ms×10)以上であることが好ましい。

(シーケンス3)

シーケンサ1006は、保護層1110の表面に対するフォーカス制御を解除する。このフォーカス制御の解除は、スイッチ1008をオン状態からオフ状態に切り換えることによって達成される。

次に、シーケンサ1006は、集束レーザービームの焦点が情報記録層1120に向かって移動するように焦点移動手段1007を制御する。このような制御は、例えば、シーケンサ1006が焦点移動手段1007にコマンドMを発行することによってなされる。コマンドMに응答して対物レンズアクチュエータ1204にDC電流が供給される。これにより、対物レンズ1203が光ディスク1100に対して垂直方向に所定速度で移動する。

シーケンス3は、反射面検出手段1010によって反射面（すなわち、情報記録層1120の表面）が検出されたときに終了する。

反射面の検出は、シーケンス1で説明した方法と同一の方法で行われる。

(シーケンス4)

シーケンサ1006は、情報記録層1120の表面に対するフォーカス制御を実行するようにフォーカス制御手段を制御する。この制御は、スイッチ1008

をオフ状態からオン状態に切り換えることによって達成される。

シーケンス 4 は、情報記録層 1 1 2 0 の表面に対するフォーカス制御が安定したときに終了する。

このように、本発明の光ディスク装置 1 0 0 1 によれば、シーケンサ 1 0 0 6 の制御により、2 段階のフォーカス引き込みが行われる。1 段階目のフォーカス引き込みは、保護層 1 1 1 0 の表面に対するフォーカス引き込みであり、2 段階目のフォーカス引き込みは、情報記録層 1 1 2 0 の表面に対するフォーカス引き込みである。このような 2 段階のフォーカス引き込みにより、対物レンズ 1 2 0 3 が光ディスク 1 1 0 0 に衝突する危険性を大幅に低減することが可能になる。その理由を以下に詳しく説明する。

シーケンス 1、2 において、1 段階目のフォーカス引き込みが情報記録層 1 1 2 0 の表面に対してではなく保護層 1 1 1 0 の表面に対して実行される。これにより、従来より保護層 1 1 1 0 の厚み分だけ離れた位置にフォーカスの引き込みが実行されることになる。これは、言い換えれば、ワーキングディスタンスが保護層 1 1 1 0 の厚み分だけ拡大されたことになる。

例えば、本来のワーキングディスタンス（情報記録層 1 1 2 0 に対してオンフォーカスしているときの保護層 1 1 1 0 表面と対物レンズ 1 2 0 3 との距離）が  $150\text{ }\mu\text{m}$  である場合には、その本来のワーキングディスタンスに保護層 1 1 1 0 の厚み  $100\text{ }\mu\text{m}$  を加えた  $250\text{ }\mu\text{m}$  を実質的なワーキングディスタンスとすることができる。従って、仮に、光ディスク 1 1 0 0 の回転により  $200\text{ }\mu\text{m}$  程度の面ぶれが発生したとしても、フォーカス引き込みの失敗により、対物レンズ 1 2 0 3 が保護層 1 1 1 0 の表面に衝突することをおおかた回避することが可能になる。

さらに、シーケンス 2 において、光ディスク 1 1 0 0 の面ぶれに対する追従制御が実行されているため、シーケンス 3、4 において、光ディスク 1 1 0 0 の面ぶれの影響は事実上無視することができる。情報記録層 1 1 2 0 も保護層 1 1 1

0 も同じ面ぶれ変動をしているからである。

シーケンス 4 において、これからフォーカス引き込みを実行しようとしている  
情報記録層 1 1 2 0 と対物レンズ 1 2 0 3 との相対速度はほぼ 0 になっており、  
光ディスク 1 1 0 0 は（面ぶれ方向については）実質的に静止していると擬制す  
5 ることができる。シーケンス 3 において、フォーカス制御ループは遮断されてい  
るが、低域補償手段 1 0 1 2 により、フォーカス制御ループを遮断する前のアク  
チュエータの動作状態がほぼそのまま保持される。その結果、シーケンス 3、4  
において、情報記録層 1 1 2 0 に対するフォーカス引き込みをほぼ確実に行うこ  
とが可能になる。

10 以上のように、本発明の実施の形態 1 によれば、保護層 1 1 1 0 の表面に対し  
てフォーカス制御を実行し、その後、情報記録層 1 1 2 0 に対してフォーカス制  
御を実行することにより、高 NA の対物レンズを有する光ヘッドを用いた場合で  
も、対物レンズが光ディスクの表面に衝突することを極力回避することが可能に  
なる。

15 ここで、保護層 1 1 1 0 の表面の反射率  $R_{1110}$  と情報記録層 1 1 2 0 の表  
面の反射率  $R_{1120}$  とは異なっているのが通常である。シーケンサ 1 0 0 6 は、  
反射率  $R_{1110}$  と反射率  $R_{1120}$  との差異を補正するためにゲインアンプ 1  
0 0 9 を用いてゲインを適切に設定する。

20 シーケンス 2 における保護層 1 1 1 0 の表面に対するフォーカス制御実行時の  
フィードバックゲイン  $G_{1110}$  と、シーケンス 4 における情報記録層 1 1 2 0  
の表面に対するフォーカス制御実行時のフィードバックゲイン  $G_{1120}$  とは、  
式（1）を満たすように設定されていることが好ましい。

$$R_{1110} \times G_{1110} = R_{1120} \times G_{1120} \quad (1)$$

すなわち、 $G_{1110}$  と  $G_{1120}$  とは、 $R_{1110}$  と  $G_{1110}$  との積が  $R_{1120}$  と  $G_{1120}$  との積に等しくなるように設定されていることが好ましい。

25 式（1）を満たすようにフィードバックゲイン  $G_{1110}$ 、 $G_{1120}$  を設定

することにより、制御系全体のループゲインを常に一定に保つことが可能になる。その結果、保護層 1 1 1 0 の表面と情報記録層 1 1 2 0 の表面のいずれに対しても安定なフォーカス制御を実行することが可能になる。

保護層 1 1 1 0 の表面の反射率  $R_{1110}$  は保護層 1 1 1 0 の屈折率によって一義的に決定されるのに対し、情報記録層 1 1 2 0 の表面の反射率  $R_{1120}$  は、  
5 情報記録層 1 1 2 0 の材質によって大きく異なる。例えば、保護層 1 1 1 0 の材質が一般に用いられるポリカーボネート樹脂の場合は、保護層 1 1 1 0 の表面の反射率は 3 ～ 5 % 程度の範囲であるのに対し、情報記録層 1 1 2 0 の表面の反射率は、記録消去可能メディア（例えば相変可膜）の場合は 5 ～ 20 %、追記型メ  
10 ディア（例えば色素系材料）の場合は 20 ～ 50 %、再生専用メディア（例えばアルミ反射膜）の場合は 70 ～ 90 %、といったようにその材質によって大きく異なる。よって、フォーカス引き込み時に情報記録層 1 1 2 0 の表面の反射率  $R_{1120}$  が明らかになっていないと式（1）の関係が成立する保証は無く、情報記録層 1 1 2 0 へのフォーカス引き込みが安定に実行できない場合がでてくる。

15 情報記録層 1 1 2 0 の表面の反射率  $R_{1120}$  を確実に取得するためには、例えば、光ディスク 1 1 0 0 の保護層 1 1 1 0 の表面に反射率  $R_{1120}$  を示す情報を予め形成しておくようにし、シーケンス 2 の実行中（すなわち、保護層 1 1 1 0 の表面にオンフォーカスしている間）に情報読み取り手段 1 0 1 1 を用いて反射率  $R_{1120}$  を示す情報を保護層 1 1 1 0 の表面から読み取るようにすれば  
20 よい。シーケンス 4 において、シーケンサ 1 0 0 6 は、ゲインアンプ 1 0 0 9 を用いて反射率  $R_{1120}$  に基づく制御ゲインを設定する。

図 3 は、保護層 1 1 1 0 の表面にディスク情報 1 1 1 2 が形成された光ディスクの一例を示す。情報記録層 1 1 2 0 の表面の反射率  $R_{1120}$  を示す情報は、ディスク情報 1 1 1 2 の少なくとも一部に含まれている。ディスク情報 1 1 1 2  
25 は、保護層 1 1 1 0 の表面に直接印刷されたバーコードであっても良いし、バーコード等が印刷されたラベルを貼り付けたものであっても良い。情報読取手段 1



0 1 1 は、受光手段 1 2 0 2 から出力される信号群 D O U T の全加算信号と所定のしきい値とを比較し、その比較結果に基づいて前記バーコードを二値化して検出する構成であれば、任意の構成をとり得る。

(実施の形態 2)

5 図 4 は、本発明の実施の形態 2 の光ディスク装置 2 0 0 2 の構成例を示す。

本実施の形態では、後述する光検出器 2 1 1 3 および T E 信号生成回路 2 1 0 2 が、複数のトラックが形成された情報面を有する光ディスク 2 1 0 0 に照射された光ビームとその複数のトラックのうちの対応する 1 つとの位置ずれを検出し、その位置ずれを示すトラッキングエラー信号を出力するトラッキングエラー検出  
10 手段として機能する。

また、光検出器 2 1 1 3、F E 信号生成回路 2 1 1 5、位相補償回路 2 1 1 6、電力増幅器 2 1 1 8 およびアクチュエータ 2 1 0 4 が、光ビームの焦点と光ディスク 2 1 0 0 の情報面との距離が所定の誤差範囲内となるようにフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段として機能する。

15 また、マイコン 2 1 2 2 が、前記フォーカス制御手段とアクチュエータ 2 1 0 4 (移動手段) とを制御する制御手段として機能する。

光ディスク 2 1 0 0 は、モータ 2 1 2 7 に取り付けられ所定の回転数で回転している。モータ 2 1 2 7 は、モータ制御回路 2 1 2 6 によって制御されている。モータ 2 1 2 7 の回転数は、マイコン 2 1 2 2 によって設定される。

20 光ディスク 2 1 0 0 は、複数のトラックが形成された情報面 (図 4 には示されていない。図 6 および図 2 2 参照) を有している。複数のトラックは、スパイラル状に凹凸で形成されている。なお、光ディスク 2 1 0 0 は、単層ディスクであってもよいし、二層ディスクを含む多層ディスクであってもよい。

光学ヘッド 2 1 1 4 には、レーザ 2 1 0 9、カップリングレンズ 2 1 0 8、偏  
25 光ビームスプリッタ 2 1 1 0、1/4 波長板 2 1 0 7、全反射鏡 2 1 0 5、光検出器 2 1 1 3、アクチュエータ 2 1 0 4 が取り付けられている。



レーザ 2 1 0 9 は、レーザ制御回路 2 1 0 1 に接続されている。レーザ制御回路 2 1 0 1 は、マイコン 2 1 2 2 から設定させた発光パワーになるようにレーザ 2 1 0 9 を駆動する。光学ヘッド 2 1 1 4 に取り付けられたレーザ 2 1 0 9 より発生した光ビーム 2 1 0 6 は、カップリングレンズ 2 1 0 8 で平行光にされた後に、偏光ビームスプリッタ 2 1 1 0、1/4 波長板 2 1 0 7 を通過し、全反射鏡 2 1 0 5 で反射され、対物レンズ 2 1 0 3 により光ディスク 2 1 0 0 の情報面上に集束して照射される。

光ディスク 2 1 0 0 の情報面により反射された反射光は、対物レンズ 2 1 0 3 を通過して全反射鏡 2 1 0 5 で反射され、1/4 波長板 2 1 0 7、偏光ビームスプリッタ 2 1 1 0、検出レンズ 2 1 1 1、円筒レンズ 2 1 1 2 を通過して 4 個の受光部からなる光検出器 2 1 1 3 に入射する。対物レンズ 2 1 0 3 はアクチュエータ 2 1 0 4 の可動部に取り付けられている。フォーカス方向移動手段兼トラッキング方向移動手段であるアクチュエータ 2 1 0 4 はフォーカス用コイル、トラッキング用コイル、フォーカス用の永久磁石及びトラッキング用の永久磁石を含む。したがって、アクチュエータ 2 1 0 4 のフォーカス用コイルに電力増幅器 2 1 1 8 を用いて電圧を加えるとコイルに電流が流れ、コイルはフォーカス用の永久磁石から磁気力を受ける。

よって、対物レンズ 2 1 0 3 は光ディスク 2 1 0 0 の情報面と垂直な方向（図では上下方向）に移動する。対物レンズ 2 1 0 3 は光ビームの焦点と光ディスクの情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号に基づいて光ビーム 2 1 0 6 の焦点が常に光ディスク 2 1 0 0 の情報面に位置するように制御されている。

また、トラッキング用コイルに電力増幅器 2 1 2 5 を用いて電圧を加えると、コイルに電流が流れ、トラッキング用の永久磁石から磁気力を受ける。よって、対物レンズ 2 1 0 3 は光ディスク 2 1 0 0 の半径方向（すなわち、光ディスク 2 1 0 0 上のトラックを横切る方向；図では左右の方向）に移動する。

光検出器 2 1 1 3 は、4 個の受光部より形成されている。光検出器 2 1 1 3 上

に入射した光ディスクからの反射光は、フォーカスエラー信号生成回路 2 1 1 5

（以下、F E 信号生成回路 2 1 1 5 と記す。）、トラッキングエラー信号生成回路 2 1 0 2 （以下、T E 信号生成回路 2 1 0 2 と記す。）へ送られる。F E 信号

生成回路 2 1 1 5 は、光ビーム 2 1 0 6 の焦点と光ディスク 2 1 0 0 の情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号（以下、F E 信号と記す。）を生成する。

図 4 に示した光学系は一般に非点収差法と呼ばれる F E 信号の検出方式を実現する構成を有している。F E 信号は、位相補償回路 2 1 1 6、スイッチ 2 1 1 7 を介して電力増幅器 2 1 1 8 へ送られる。

電力増幅器 2 1 1 8 によりアクチュエータ 2 1 0 4 のフォーカス用コイルに電流が流れる。位相補償回路 2 1 1 6 は、フォーカス制御系を安定にするための位相を進めるフィルタである。従って、F E 信号に応じて対物レンズ 2 1 0 3 が駆動され、光ビーム 2 1 0 6 の焦点が常に情報面上に位置する。

なお、スイッチ 2 1 1 7 はコントロール端子 d の電位に応じて端子 a と端子 c との接続または端子 b と端子 c との接続が切り替わるもので、本実施の形態では、コントロール端子 d の電位がハイレベルで端子 c と端子 a とが接続され、ローレベルの場合に端子 c と端子 b とが接続される。また、F E 信号はゼロクロス検出回路 2 1 1 9 へ送られる。ゼロクロス検出回路 2 1 1 9 は、F E 信号がゼロクロスしたことを検出すると、パルス信号を出力する。以下では、このパルス信号をゼロクロス信号という。

図 4 に示した光学系は一般にプッシュプル法と呼ばれるトラッキングエラー信号の検出方式を実現する構成を有している。以下、トラッキングエラー信号を T E 信号と記す。T E 信号生成回路 2 1 0 2 は、複数のトラックが形成された光ディスク 2 1 0 0 の情報面に収束して照射された光ビーム 2 1 0 6 と光ディスク 2 1 0 0 のトラックとの位置ずれをプッシュプル法により検出し出力する。T E 信号は、バンド・パス・フィルター 2 1 2 0 （以下では、B P F 2 1 2 0 と記す。）、振幅検出回路 2 1 2 1 を介してコンパレータ 2 1 2 8 へ送られる。

コンパレータ 2 1 2 8 の出力はマイコン 2 1 2 2 へ送られる。ランプ波発生回路 2 1 2 3 は、一定速度で変化する信号（すなわち、ランプ波形）を発生する。ランプ波を発生する期間は、マイコン 2 1 2 2 によって設定される。ランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力は、スイッチ 2 1 1 7 を介して電力増幅器 2 1 1 8 へ送られる。スイッチ 2 1 1 7 の切り替えは、マイコン 2 1 2 2 によって行われる。正弦波発生回路 2 1 2 4 は、正弦波を発生する。正弦波を発生する期間は、マイコン 2 1 2 2 によって設定される。正弦波発生回路 2 1 2 4 の出力は電力増幅器 2 1 2 5 へ送られる。

フォーカスを引き込む際の動作を説明する。マイコン 2 1 2 2 は、モータ制御回路 2 1 2 6 に所定の回転数を設定する。次に、レーザ制御回路 2 1 0 1 に所定の発光パワーを設定する。マイコン 2 1 2 2 は、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をローレベルにして端子 c と端子 b とを接続する。このときフォーカス制御は行われていない状態である。そして、ランプ波発生回路 2 1 2 3 を動作させランプ波を出力させる。ランプ波に応じた電流が電力増幅器 2 1 1 8 によってフォーカス用コイルに流れる。

対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 に向かって（図では上方向に向かって）移動する。それと同時に、マイコン 2 1 2 2 は、正弦波発生回路 2 1 2 4 を動作させ、電力増幅器 2 1 2 5 によってトラッキング用コイルに正弦状の電流が流れる。対物レンズ 2 1 0 3 はトラックを横断する方向に正弦波状に振れる。

このように、対物レンズ 2 1 0 3 は、トラックを横断する方向に振れながら光ディスク 2 1 0 0 に近づく。光ビーム 2 1 0 6 の焦点が、光ディスク 2 1 0 0 の情報面に近づきトラックを横断するようになると、T E 信号生成回路 2 1 0 2 から T E 信号が正弦波状になる。T E 信号は、B P F 2 1 2 0 を介して振幅検出回路 2 1 2 1 に送られる。振幅検出手段である振幅検出回路 2 1 2 1 は、トラックと直行する方向に光ビームを移動させながら T E 信号の振幅を測定するものである。B P F 2 1 2 0 は、ノイズを除去する。B P F 2 1 2 0 の通過帯域は、T E

信号の周波数である。T E 信号の周波数は、トラックピッチと偏芯および光ディスクの回転数によって決まる。通常の光ディスク装置および光ディスクでは、数 1 0 H z から数 K H z である。

5 振幅検出回路 2 1 2 1 によって T E 信号の振幅が検出される。検出された T E 信号の振幅が所定値以上になるとコンパレータ 2 1 2 8 の出力がハイレベルになり、光ビームの焦点が情報面の近傍にあることが検出される。その後、光ビームの焦点が情報面を通過し F E 信号生成回路 2 1 1 5 の出力である F E 信号がゼロクロスする。このとき、ゼロクロス検出手段であるゼロクロス検出回路 2 1 1 9 からゼロクロス信号が出力される。

10 マイコン 2 1 2 2 は、コンパレータ 2 1 2 8 の出力がハイレベルであり、かつ、ゼロクロス検出回路 2 1 1 9 からゼロクロス信号が出力された場合に、光ビームの焦点が光ディスク 2 1 0 0 の情報面にあると判断する。この場合、マイコン 2 1 2 2 は、コントロール端子 d の電位をハイレベルとし、スイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 a とを接続してフォーカス制御の動作を開始させる。

15 マイコン 2 1 2 2 は、振幅検出回路 2 1 2 1 が T E 信号の振幅を検出する場合における光ディスク 2 1 0 0 の回転数が、光ディスク 2 1 0 0 の情報面に記録された情報を再生する場合における光ディスク 2 1 0 0 の回転数より小さくなるように光ディスク 2 1 0 0 の回転を制御する。このような制御は、例えば、光ディスク 2 1 0 0 を回転させる回転手段であるモータ 2 1 2 7 の回転数を制御することによって達成される。マイコン 2 1 2 2 は、フォーカス制御を開始した後にモータ 2 1 2 7 の回転数を情報を再生の際の正規の回転数に上げる。このように、T E 信号の振幅を検出する際に光ディスク 2 1 0 0 の回転数を下げることにより、光ディスク 2 1 0 0 の面振れによる情報面のフォーカス方向の速度を低くすることができる。これにより、情報面が焦点深度の範囲にある期間を長くすることができる。20  
25 でき、光ビーム 2 1 0 6 が横断するトラックの本数を多くすることができる。その結果、T E 信号の振幅を正確に検出することが可能になる。

また、マイコン 2 1 2 2 は、振幅検出回路 2 1 2 1 が T E 信号の振幅を検出する場合における光ビームの強度が、光ディスク 2 1 0 0 の情報面に記録された情報を再生する場合における光ビームの強度より小さくなるように光ビームの強度を制御する。このような制御は、例えば、レーザ 2 1 0 9 の発光パワーを制御することによって達成される。マイコン 2 1 2 2 は、フォーカス制御を開始した後にレーザ 2 1 0 9 の発光パワーを情報を再生する際の正規のパワーに上げる。このように、T E 信号の振幅を検出する際に光ビームのパワーを下げることで、光ディスク 2 1 0 0 に記録された情報が破壊されることを防止することができる。

図 5 は、F E 信号の変化の一例を示す。図 5 において、横軸が対物レンズ 2 1 0 3 によって収束された光ビーム 2 1 0 6 の焦点位置と光ディスク 2 1 0 0 の情報面との距離を示す。縦軸が F E 信号のレベルを示す。F E 信号は、S 字に似た波形となる。以下では、この波形を S 字波形という。F E 信号のレベルが零であることは光ビーム 2 1 0 6 の焦点が情報面に一致した状態（すなわち、合焦点の状態）であることを示す。F E 信号のレベルは一般に約 1 0  $\mu$  m の距離で最大値となる。離れるにしたがって F E 信号は零に近づく。そこで、フォーカス制御を動作する前にはフォーカス制御の為の初期動作を行い、光ビーム 2 1 0 6 の焦点位置と情報面との距離が図 5 の範囲 L になる状態にする必要がある。

図 6 は、光ディスク 2 1 0 0 に形成されたトラックを模式的に示す。図の下側から光ビーム 2 1 0 6 が照射される。図の下側からみて凸部がトラックである。図 6 において、光ディスク 2 1 0 0 の情報面が参照番号 2 1 0 1 によって示されており、光ディスク 2 1 0 0 の表面が参照番号 2 1 0 2 によって示されている。

一般にプッシュプル法と呼ばれるトラッキングエラー検出方式について説明する。プッシュプル法はファーフールド法とも呼ばれる方式である。光ディスク 2 1 0 0 上のトラックで反射回折された光ビームをトラック中心に対して対称に配置された 2 分割の光検出器の受光部での出力差によって T E 信号を検出する方式である。



図7は、光ビーム2106がトラックを横断した場合のTE信号の波形を示す。光ビーム2106がトラックを横断するとTE信号は、正弦波状の波形になる。トラックの中心で零になる。

図8は、対物レンズ2103を光ディスク2100の情報面に徐々に近づけた場合の各信号の波形を示す。図8において、波形(a)がランプ波発生回路2123の出力を、波形(b)が焦点位置を、波形(c)がFE信号を、波形(d)がゼロクロス信号を、波形(e)がTE信号を、波形(f)が振幅検出回路2121の出力を、波形(g)がコンパレータ2128の出力をそれぞれ示す。

マイコン2122が、ランプ波発生回路2123の動作を時間 $t_0$ に開始すると、それに応じた電流がフォーカス用コイルに流れる。従って、対物レンズ2103は徐々に光ディスク2100の情報面に近づく。時間 $t_1$ で焦点位置が光ディスクの表面と一致するとゼロクロス信号が出力される。しかしながら、光ディスク表面では、TE信号のレベルは零なのでコンパレータ2128の出力はローレベルのままである。さらに焦点位置が光ディスク2100に近づくとき時間 $t_2$ で情報面が焦点深度に入るのでTE信号が正弦波状になる。従って、振幅検出回路2121の出力が $E_1$ を超えて、コンパレータ2128の出力がハイレベルになる。

時間 $t_3$ で焦点が情報面と一致するとゼロクロス信号が出力される。さらに対物レンズ2103を上げていくと情報面が焦点深度から外れるのでTE信号が零レベルになる。時間 $t_4$ でコンパレータ2128の出力がローレベルになる。上述したように、光ディスク2100の表面ではゼロクロス信号が出力されるが、コンパレータ2128の出力がローレベルであるので、確実に情報面を検出できる。すなわち、時間 $t_3$ においてマイコン2122がコントロール端子dの電位をハイレベルとし、スイッチ2117の端子cと端子aとを接続するように構成すれば、2層光ディスクのように情報面の反射率が低いものであっても、情報面に確実にフォーカス引き込みすることができる。



図 9 は、フォーカスを引き込む際の各信号の波形を示す。図 9 において、波形（a）がランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力を、波形（b）が焦点位置を、波形（c）が F E 信号を、波形（d）がゼロクロス信号を、波形（e）が T E 信号を、波形（f）が振幅検出回路 2 1 2 1 の出力を、波形（g）がコンパレータ 2 1 2 8 の出力をそれぞれ示す。

また、波形（h）が、マイコン 2 1 2 2 がスイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d に出力するコントロール信号を示す。  $t_{10}$  でランプ波発生回路 2 1 2 3 が動作を開始する。時間  $t_{11}$  でコンパレータ 2 1 2 8 の出力がハイレベルになる。

時間  $t_{12}$  で焦点位置が情報面と一致しゼロクロス信号が出力される。マイコン 2 1 2 2 は、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をハイレベルにする。

従って、スイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 a とが接続され、フォーカス制御が動作する。対物レンズ 2 1 0 3 は、焦点が情報面にあるようにフォーカス制御される。

F E 信号は光ディスク 2 1 0 0 の表面でもゼロクロスするが、光ディスク 2 1 0 0 の表面では T E 信号のレベルは零であるのでマイコン 2 1 2 2 はフォーカス制御を動作させることはない。従って、正確に情報面にフォーカスを引き込むことができる。

なお、光ディスク 2 1 0 0 が情報が予め記録されているディスク（例えば、ROM）である場合には、R F 信号に基づいて情報面を検出するようにしてもよい。このような検出は、全反射検出回路および R F 検出回路を図 4 に示される光ディスク装置 2 0 0 2 の構成に追加することによって達成され得る。

（実施の形態 3）

図 1 0 は、本発明の実施の形態 3 の光ディスク装置 2 0 0 3 の構成例を示す。

図 1 0 において、上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

図 1 1 は、光ディスク 2 1 5 0 の情報面に形成された複数のトラックを示す。その複数のトラックのそれぞれは蛇行している。図 1 1 に示される例では、トラックは、所定の周期  $W$  でトラックの径方向に微小に振られている。この微少な振られは、光ビーム 2 1 0 6 とトラックとの位置ずれとして T E 信号で検出できる。なお、光ディスク 2 1 5 0 は、単層ディスクであってもよいし、二層ディスクを含む多層ディスクであってもよい。

図 1 2 は、フォーカス制御が動作している状態で光ビーム 2 1 0 6 がトラックを横断する場合の各信号の波形を示す。(a) はトラックの模式図を示す。波形 (b) は T E 信号を、波形 (c) は B P F 2 1 5 1 の出力を示す。B P F 2 1 5 1 の出力を以下ではウォブル信号という。ウォブル信号の振幅は光ビーム 2 1 0 6 がトラックの中心に位置する場合に最大となり、光ビーム 2 0 1 6 がトラックとトラックとの中間にある場合に小さくなる。B P F 2 1 5 1 は、T E 信号に含まれるトラックの径方向の微小な振られによる成分を通過させる。従って、B P F 2 1 5 1 の通過帯域は、W と光ディスク 2 1 5 0 の回転数で決まる。

図 1 3 は、光ディスク装置 2 0 0 3 の内部で用いられる各信号の波形を示す。波形 (a) がランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力を、波形 (b) が焦点位置を、波形 (c) が F E 信号を、波形 (d) がゼロクロス信号を、波形 (e) がウォブル信号を、波形 (f) が振幅検出回路 2 1 2 1 の出力を、波形 g がコンパレータ 2 4 6 0 の出力を、波形 h がスイッチ 2 1 1 7 の端子 d の信号をそれぞれ示す。マイコン 2 1 2 2 が、時間  $t_{20}$  にランプ波発生回路 2 1 2 3 の動作を開始すると、それに応じた電流がフォーカス用コイルに流れる。

従って、対物レンズ 2 1 0 3 は徐々に光ディスク 2 1 5 0 の情報面に近づく。  
時間  $t_{21}$  で焦点位置が光ディスク 2 1 5 0 の表面と一致するとゼロクロス信号  
が出力される。しかしながら、光ディスク 2 1 5 0 の表面では、ウォブル信号の  
レベルが零なのでコンパレータ 2 4 6 0 の出力はローレベルのままである。さら  
に焦点位置が光ディスク 2 1 5 0 に近づくとき時間  $t_{22}$  で情報面が焦点深度に入

る。よって、ウォブル信号が正弦波状の信号になる。振幅検出回路 2 1 2 1 の出力が  $E_2$  を超えるのでコンパレータ 2 4 6 0 の出力がハイレベルになる。時間  $t_{23}$  で焦点が情報面と一致するとゼロクロス信号が出力される。マイコン 2 1 2 2 は、時間  $t_{23}$  でスイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をハイレベルにして端子 c と端子 a とを接続して、フォーカス制御を動作させる。

光ディスク 2 1 5 0 の表面ではゼロクロス信号が出力されるが、コンパレータ 2 4 6 0 の出力がローレベルであるため、マイコン 2 1 2 2 はコントロール端子の電位のレベルをローレベルのままにするため、スイッチ 2 1 1 7 において端子 b と端子 c とが接続し、フォーカス制御は行われなない。一方、光ディスク 2 1 5 0 の情報面においてもゼロクロス信号が出力されるがこのときには、コンパレータ 2 4 6 0 の出力がハイレベルであるため、マイコン 2 1 2 2 はコントロール端子 d の電位のレベルをハイレベルとなるようにするため、スイッチ 2 1 1 7 において、端子 a と端子 c とが接続され、フォーカス制御が行われる。

このような構成にすることにより、2 層光ディスクのように情報面の反射率が低いものであっても、情報面を確実に検出し、確実にフォーカス引き込みすることができる。

#### (実施の形態 4)

図 1 4 は、本発明の実施の形態 4 の光ディスク装置 2 0 0 4 の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

ランプ波発生回路 2 1 5 7 は、端子 a の電位がハイレベルになると一定速度で変化する信号を発生する。その速度の極性は端子 b の電位がハイレベルの場合は正で、ローレベルの場合は負となる。光ディスク 2 1 0 0 は所定の回転数で回転している。モータ制御回路 2 1 5 6 はモータ 2 1 2 7 が所定の回転数で回転するように制御する。レーザ制御回路 2 1 5 5 は、レーザ 2 1 0 9 が所定のパワーで発光するように制御する。

フォーカスを引き込む際の動作を説明する。マイコン 2 1 5 8 は、スイッチ 2

1 1 7 のコントロール端子 d の電位をローレベルにして端子 c と端子 b とを接続する。次に、マイコン 2 1 5 8 は、ランプ波発生回路 2 1 5 7 の端子 a、端子 b の電位をともにハイレベルとする。その結果、ランプ波発生回路 2 1 5 7 は、正の極性の一定速度で変化する信号を発生する。ランプ波発生回路 2 1 5 7 の出力  
5 に応じた電流が電力増幅器 2 1 1 8 によってフォーカス用コイルに流れる。その結果、対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 に向かって（図では上方向に向かって）移動する。光ビーム 2 1 0 6 の焦点と光ディスク 2 1 0 0 の表面とが一致すると最初のゼロクロス信号がゼロクロス検出回路 2 1 1 9 から出力される。

マイコン 2 1 5 8 は、最初のゼロクロス信号を検出した時点から所定時間  $M_0$  が経過した後  
10 にランプ波発生回路 2 1 5 7 の端子 b の電位をハイレベルからローレベルに変える。その結果、最初のゼロクロス信号を検出した時点から所定時間  $M_0$  が経過した後  
15 にランプ波発生回路 2 1 5 7 は負の極性の一定速度で変化する信号を発生する。その結果、対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 から遠ざかる方向に（図では下方向に向かって）移動し、光ビームの焦点は、光ディスク 2 1 0 0 の情報面に近づく方向に（図では下方向に向かって）移動する。

なお、所定時間  $M_0$  は、光ビームの焦点が情報面に到達するより長い時間に設定されている。すなわち、所定時間  $M_0$  は、最初のゼロクロス信号が検出された時点において対物レンズ 2 1 0 3 が移動していた方向と同一の方向に、光ディスク 2 1 0 0 の保護層の厚さより大きい所定の距離だけ対物レンズ 2 1 0 3 をさらに移動させることが可能な時間である。光ディスク 2 1 0 0 の保護層の厚さとは、  
20 光ディスク 2 1 0 0 の表面と情報面との距離をいう。

このように、光ビームの焦点は、情報面を一旦通過した後情報面に向かって移動を開始する。光ビームの焦点が情報面を再度通過すると、ゼロクロス検出回路 2 1 1 9 によって 2 回目のゼロクロス信号が出力される。マイコン 2 1 5 8 は、  
25 2 回目のゼロクロス信号が出力されたこと（すなわち、フォーカスエラー信号が 2 回目にゼロクロスしたこと）を検出すると、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール

端子dの電位をハイレベルとし、スイッチ2117の端子cと端子aとを接続してフォーカス制御を開始する。

図15は、光ディスク装置2004の内部で用いられる各信号の波形を示す。図15において、波形(a)がランプ波発生回路2157の出力を、波形(b)が焦点位置を、波形(c)がランプ波発生回路2157の端子bの信号を、波形(d)がFE信号を、波形(e)がゼロクロス信号を、波形(f)がスイッチ2117の端子dの信号をそれぞれ示す。マイコン2158が、時間 $t_{30}$ にランプ波発生回路2157の動作を開始すると、それに応じた電流がフォーカス用コイルに流れる。

従って、対物レンズ2103は徐々に光ディスク2100の情報面に近づく。時間 $t_{31}$ で焦点位置が光ディスク2100の表面と一致するとゼロクロス信号が出力される。

マイコン2158は、最初のゼロクロス信号を検出した時点からM0時間が経過した後にランプ波発生回路2157の端子bの電位をローレベルに設定する。

なお、時間 $t_{32}$ に焦点と情報面とが一致するのでゼロクロス信号が出力される。ランプ波発生回路2157の出力は時間 $t_{33}$ から一定速度で減少していく。従って、焦点は徐々に情報面に近づき時間 $t_{34}$ で焦点と情報面とが一致しゼロクロス信号が出力される。マイコン2158はスイッチ2117のコントロール端子dの電位をハイレベルにし、端子cと端子aとを接続してフォーカス制御を動作を開始させる。

このように構成することにより、TE信号を必要とすることなく、2層光ディスクのように情報面の反射率が低いものであっても、情報面を確実に検出し、確実にフォーカス引き込みすることができる。

本方式は一旦情報面より上に焦点を移動させるので光ディスク2100の表面でのゼロクロス信号の影響を受けない。

また、焦点を光ディスク2100に近づける距離を光ディスク2100の表面



を基準にして制限しているので対物レンズ 2 1 0 3 が光ディスク 2 1 0 0 の表面に衝突することが無い。なお、所定時間  $M_0$  は、フォーカスアクチュエータの感度とランプ波発生回路 2 1 5 7 の出力信号の変化率とによってきまる。

5 本実施の形態では、時間  $M_0$  を所定値としたが時間  $t_{31}$  から  $t_{32}$  の時間に依じて変えても良い。光ディスク 2 1 0 0 の表面から情報面までの距離は予め決まっているのでその距離を移動する時間はアクチュエータの感度に比例する。

従って、アクチュエータの感度が変化しても正確に焦点を情報面の上側に移動することができる。

(実施の形態 5)

10 図 1 6 は、本発明の実施の形態 5 の光ディスク装置 2 0 0 5 の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

フォーカスを引き込む際の動作を説明する。マイコン 2 1 6 0 は、モータ制御回路 2 1 2 6 にモータの回転数としてゼロを設定する。レーザ制御回路 2 1 5 5 は、レーザ 2 1 0 9 が所定のパワーで発光するように制御する。マイコン 2 1 6 0 は、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をローレベルに変えることにより端子 c と端子 b とを接続する。次に、マイコン 2 1 6 0 は、ランプ波発生回路 2 1 5 7 の端子 a、端子 b の電位をともにハイレベルとする。その結果、ランプ波発生回路 2 1 5 7 は、正の極性の一定速度で変化する信号を発生する。ランプ波発生回路 2 1 5 7 の出力に応じた電流が電力増幅器 2 1 1 8 によってフォーカス用コイルに流れる。その結果、対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 に向かって（図では上方向に向かって）移動する。

15  
20

マイコン 2 1 6 0 は、最初のゼロクロス信号を検出した時点から所定時間  $M_1$  が経過した後にランプ波発生回路 2 1 5 7 の端子 b の電位をハイレベルからローレベルに変える。その結果、ランプ波発生回路 2 1 5 7 は、最初のゼロクロス信号を検出した時点から所定時間  $M_1$  が経過した後に負の極性の一定速度で変化する信号を発生する。その結果、対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 から

25

除々に遠ざかる。

なお、所定時間 $M_1$ は、焦点が情報面に到達するより十分に長い時間に設定されている。すなわち、所定時間 $M_1$ は、対物レンズ2103が光ディスク2100の保護層の厚さ以上に移動するような時間に設定されている。その結果、焦点は情報面をいったん通過した後に情報面に向かって移動を開始する。マイコン2160は、ランプ波発生回路2157の端子bの電位をローレベルに変えた時点から最初のゼロクロス信号が検出されると、スイッチ2117のコントロール端子dの電位をハイレベルとし、スイッチ2117の端子cと端子aとを接続してフォーカス制御を開始する。マイコン2160は、正弦波発生回路2124を動作させる。マイコン2160は、コンパレータ2128の出力がハイレベルであると正弦波発生回路2124の動作を停止させて、モータ制御回路2126に所定の回転数を設定する。コンパレータ2128の出力がローレベルの場合には、ランプ波発生回路2157をリセットしてスイッチ2117の端子cと端子bとを接続して再度フォーカス引き込みを行う。

図17は、光ディスク装置2005の内部で用いられる各信号の波形を示す。波形(a)がランプ波発生回路2157の出力を、波形(b)が焦点位置を、波形(c)がランプ波発生回路2157の端子bの信号を、波形(d)がFE信号を、波形(e)がゼロクロス信号を、波形(f)がTE信号を、波形(g)がスイッチ2117の端子dの信号を、波形(h)がコンパレータ2128の出力を、波形(i)がモータ制御回路2126がモータ2127に送る所定の回転数に対応する信号をそれぞれ示す。

マイコン2160が、時間 $t_{40}$ にランプ波発生回路2157の動作を開始すると、その出力に応じた電流がフォーカス用コイルに流れる。従って、対物レンズ2103は徐々に光ディスク2100の情報面に近づき、さらに情報面を通過する。マイコン2160は、時間 $t_{40}$ から所定時間 $M_1$ 経過後の時間 $t_{41}$ でランプ波発生回路2157の端子bの電位をローレベルに設定する。従って、ランプ

波発生回路 2 1 5 7 の出力は時間  $t_{41}$  から一定速度で減少していく。従って、焦点は徐々に情報面に近づき時間  $t_{42}$  で焦点と情報面とが一致しゼロクロス信号が出力される。

マイコン 2 1 6 0 は、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をハイレベルとし、スイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 a とを接続してフォーカス制御を動作させる。マイコン 2 1 6 0 は、時間  $t_{43}$  で正弦波発生回路 2 1 2 4 を動作させる。光ビームの焦点が情報面上にあると光ビーム 2 1 0 6 がトラックを横断するので T E 信号が正弦波状になり、振幅検出手段である振幅検出回路が 2 1 2 1 が T E 信号の振幅が所定値以上であることを検出すると、コンパレータ 2 1 2 8 の出力がハイレベルになる。マイコン 2 1 6 0 は、情報面へのフォーカス引き込みが正常に終了したと判断して時間  $t_{44}$  にモータ制御回路 2 1 2 6 に所定の回転数を設定する。

従って、本実施の形態によれば、モータ 2 1 2 7 を回転させる前にフォーカス引き込みが正常にできたかどうかを判断するので、フォーカス引き込みが正常に行われず対物レンズ 2 1 0 3 が光ディスク 2 1 0 0 の表面に衝突した状態でモータ 2 1 2 7 を回転させることが無い。このため、光ディスク 2 1 0 0 を広い範囲に渡って傷つけることなく、かつ、2 層光ディスクのように情報面の反射率が低いものであっても、情報面を確実に検出し、確実にフォーカス引き込みすることができる。

なお、本実施の形態で説明したモータ 2 1 2 7 の回転制御は、上述したすべての実施の形態に適用することが可能である。

(実施の形態 6)

図 1 8 は、本発明の実施の形態 6 の光ディスク装置 2 0 0 6 の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

本実施の形態では、1 回転メモリ 2 1 6 6 が、光ディスク 2 1 0 0 の回転角度に応じたアクチュエータ 2 1 0 4 のフォーカス方向の変位を記憶する記憶手段と

して機能する。

モータ制御回路 2 1 5 6 は、モータ 2 1 2 7 が所定の回転数で回転するように制御する。レーザ制御回路 2 1 5 5 は、レーザ 2 1 0 9 が所定のパワーで発光するように制御する。回転角度検出回路 2 1 6 5 は、モータ 2 1 2 7 の回転角度を検出して出力する。以下、この信号を回転角度信号という。1 回転メモリ 2 1 6 6 は、回転角度信号に同期して光ディスク 2 1 0 0 が 1 回転する期間の電力増幅器 2 1 1 8 の入力電圧を記憶する。また、記憶した値を回転角度信号に同期して加算器 2 1 6 7 に出力する。

このような記憶および出力の動作はマイコン 2 1 6 8 によって制御される。

10      本実施の形態ではフォーカス制御系の開ループゲインを測定可能な構成になっている。

マイコン 2 1 6 8 は、スイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 a とを閉じてフォーカス制御を動作させている状態で正弦波を加算器 2 1 6 9 に送る。フォーカス制御系に加算された正弦波に追従するように対物レンズ 1 0 3 が制御される。マイコン 2 1 6 8 は、その状態での F E 信号を取り込み加算した正弦波と F E 信号の振幅と位相の関係からフォーカス制御系の開ループゲインを算出する。算出したゲイン値に基づいて開ループが所定のゲインになるように増幅器 2 4 0 0 のゲインを変える。なお、所定のゲインとは、後述する位相補償回路 2 1 7 0 の位相進み特性を設計する際に想定したゲインをいう。

20      位相補償回路 2 1 7 0 は、フォーカス制御系を安定にするための位相を進めるフィルタである。

なお、位相の進む帯域を広い場合と狭い場合に切り替えられる構成になっている。フォーカス引き込みは位相の進む帯域が広い設定で行い、フォーカス制御系の開ループのゲインを調整後に狭い設定に変える。すなわち、フォーカス引き込みを開始してからフォーカス制御系の開ループゲインを調整するまでの期間は、位相の進む帯域が広い設定にする。光ディスク 2 1 0 0 の反射率のばらつきやフ

フォーカスアクチュエータの感度のばらつきによって開ループのゲインが所定のゲインからずれる。従って、フォーカス引き込みの際は位相の進む帯域が広い設定でフォーカス制御を動作させ、ゲイン調整後に通常の帯域に戻す。

これによって、フォーカス引き込みが安定になり、かつ、一般的にはフォーカス引き込み時の開ループゲインに比べてゲイン調整後の開ループゲインを高く設定することができる。

図19および図20を用いて、位相補償回路2170を説明する。

図19は、位相補償回路2170の構成例を示す。第1の入力端子2300は、第1の位相補償回路2301および第3の位相補償回路2303に接続される。第1の位相補償回路2301と第2の位相補償回路2302とは直列に接続されている。第2の位相補償回路2302の出力がスイッチ2304の端子aに接続される。第3の位相補償回路2303は、直列に接続された第1の位相補償回路2302、第2の位相補償回路2302と並列に接続されており、その出力はスイッチ2304の端子bに接続される。スイッチ2304の端子cは出力端子2306に接続され、出力端子2306からの信号は1回転メモリ2166、加算器2167に入力される。スイッチ2304の端子dは第2の入力端子2305に接続される。第2の入力端子2305はマイコン2168に接続される。

図20は、位相補償回路2170に含まれる各回路の位相特性を示す。図20において、横軸は周波数を示し、縦軸は位相を示す。なお、横軸の周波数は、対数の目盛りである。

図20の(a)は、第1の位相補償回路2301の位相特性を示す。第1の位相補償回路2301においては、周波数 $f_0$ から $f_3$ の帯域で位相が進む特性になっている。

図20の(b)は、第2の位相補償回路2302の位相特性を示す。第2の位相補償回路2302においては、周波数 $f_2$ から $f_5$ の帯域で位相が進む特性になっている。



図 2 0 の (c) は、直列に接続された第 1 の位相補償回路 2 3 0 1 および第 2 の位相補償回路 2 3 0 2 の位相特性を示す。この直列回路においては、周波数  $f_0$  から  $f_5$  の帯域で位相が進む特性になっている。

図 2 0 の (d) は、第 3 の位相補償回路 2 3 0 3 の位相特性を示す。第 3 の位相補償回路 2 3 0 3 においては、周波数  $f_1$  から  $f_4$  の帯域で位相が進む特性になっている。

従って、第 2 の入力端子のレベルを切り替えることで位相の進む帯域が広い特性と狭い特性に切り替えることができる。

開ループのゲインが 0 dB になる周波数は、 $f_2$  と  $f_3$  との間に予め決められている。従って、直列に接続された第 1 の位相補償回路 2 3 0 1 および第 2 の位相補償回路 2 3 0 2 の位相特性は  $f_2$  と  $f_3$  との間で位相の進みが最大となるように設計される。また、第 3 の位相補償回路 2 3 0 3 の位相特性も  $f_2$  と  $f_3$  との間で位相の進みが最大となるように設計される。直列に接続された第 1 の位相補償回路 2 3 0 1 および第 2 の位相補償回路 2 3 0 2 の位相補償回路は、第 3 の位相補償回路 2 3 0 3 に比べ位相の進む帯域が広いので開ループゲインがばらついていても位相余裕が確保でき、制御系が安定である。しかしながら、位相の進む帯域を広くすることによって位相補償回路 2 1 7 0 のゲインが高くなる。このために、ノイズ等によってアクチュエータのコイルに過大な電流が流れる。この過大な電流を防止するためには、直列に接続された第 1 の位相補償回路 2 3 0 1、第 2 の位相補償回路 2 3 0 2 を用いる場合には開ループゲインを若干下げることが好ましい。

図 2 1 は、フォーカスを引き込む際の各信号の波形を示す。図 2 1 において、波形 (a) がランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力を、波形 (b) が焦点位置を、波形 (c) が電力増幅器 2 1 1 8 の入力波形を、波形 (d) が 1 回転メモリ 2 1 6 6 の出力波形を、波形 (e) が FE 信号を、波形 (f) がゼロクロス信号を、波形 (g) がスイッチ 2 1 1 7 の端子 d の信号をそれぞれ示す。マイコン 2 1 6 8

は、スイッチ 2 3 0 4 の第 2 の入力端子 2 3 0 5 の電位をハイレベルとし、直列に接続された第 1 の位相補償回路 2 3 0 1、第 2 の位相補償回路 2 3 0 2 の出力信号が出力端子 2 3 0 6 に伝達されるように端子 a と端子 c とを接続する。これにより、位相補償回路 2 1 7 0 の特性を位相の進む帯域が広い特性となる。

5       マイコン 2 1 6 8 は、時間  $t_{50}$  にスイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をローレベルにしてスイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 b とを接続する。ランプ波発生回路 2 1 2 3 は、一定速度で変化する信号を発生する。ランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力に応じた電流が電力増幅器 2 1 1 8 によってフォーカス用コイルに流れる。その結果、対物レンズ 2 1 0 3 は、光ディスク 2 1 0 0 に向かって  
10       （図では上方向に向かって）移動する。焦点と光ディスク 1 0 0 の表面とが一致すると最初のゼロクロス信号が出力される。マイコン 2 1 6 8 は、最初のゼロクロス信号を検出した時間  $t_{51}$  において、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をハイレベルにし、スイッチ 2 1 1 7 の端子 a と端子 c とを接続してフォーカス制御を動作させる。

15       光ビームの焦点は光ディスク 2 1 0 0 の表面に位置するようにフォーカス制御される。

光ディスク 2 1 0 0 は面振れを有している所以对物レンズ 2 1 0 3 はその面振れに追従するように上下する。従って、1 回転メモリ 2 1 6 6 を動作させる前の電力増幅回路 2 1 1 8 の入力レベルは面振れに比例している。

20       時間  $t_{51}$  から  $t_{52}$  が光ディスク 2 1 0 0 が 1 回転する期間を示す。マイコン 2 1 6 8 は、時間  $t_{51}$  に 1 回転メモリ 2 1 6 6 に記憶の動作を指令する。1 回転メモリ 2 1 6 6 は時間  $t_{51}$  から  $t_{52}$  のスイッチ 2 1 1 7 の端子 b のレベルを記憶する。そして、1 回転メモリ 2 1 6 6 は、記憶した値を時間  $t_{52}$  以降は加算器 2 1 6 7 に出力する。また、マイコン 2 1 6 8 は、時間  $t_{52}$  において、  
25       スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をローレベルとすることにより、スイッチ 2 1 1 7 の端子 c と端子 b とを接続する。また、マイコン 2 1 6 8 は、ラ

ランプ波発生回路 2 1 2 3 の端子 a、端子 b の電位をハイレベルとし、ランプ波発生回路 2 1 2 3 を再度動作させるための指令を送ることにより、加算器 2 1 6 7 の出力はランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力と 1 回転メモリ 2 1 6 6 の出力を加算した信号となり、対物レンズ 2 1 0 3 は、加算器 2 1 6 7 の出力に応じて徐々に  
5 光ディスク 2 1 0 0 に近づく。

時間  $t_{53}$  に焦点と情報面とが一致するとゼロクロス信号が出力される。マイコン 2 1 6 8 は、1 回転メモリ 2 1 6 6 の出力を停止させて、スイッチ 2 1 1 7 のコントロール端子 d の電位をハイレベルとし、スイッチ 1 1 7 の端子 c と端子 a とを接続する。これにより、情報面に焦点があるようにフォーカス制御される。

10 マイコン 2 1 6 8 は、ゲイン調整を行い増幅器 2 4 0 0 のゲインをフォーカス制御系の開ループゲインが所定の値になるように変える。

また、マイコン 2 1 6 8 は、スイッチ 2 3 0 4 の第 2 の入力端子 2 3 0 5 の電位をローレベルとし、第 3 の位相補償回路 2 3 0 3 の出力信号が出力されるようにスイッチ 2 3 0 4 の端子 b と端子 c とが接続されるようにする。これにより、  
15 位相補償回路 2 1 7 0 の位相進みの帯域が狭い特性に切り替わる。

本実施の形態によると光ディスク 2 1 0 0 にワーキングディスタンスよりも大きい面振れがあっても対物レンズ 2 1 0 3 と光ディスク 2 1 0 0 が衝突することはない。

なお、図 2 2 は、ワーキングディスタンスを示す。焦点が情報面にある場合の  
20 光ディスク 2 1 0 0 の表面と対物レンズ 2 1 0 3 の上面との最短の距離 K をワーキングディスタンスという。

また、本実施の形態によると面振れによる対物レンズ 2 1 0 3 と光ディスク 2 1 0 0 の情報面の相対速度がほぼ零に低減されるのでフォーカス引き込みが安定する。

25 また、開ループゲインのばらつき要因として光ディスク 2 1 0 0 の情報面の反射率やフォーカスアクチュエータの感度のばらつきについて述べたが、2 層光デ

ィスクでは、他の情報面からの反射光によって反射光量で正規化したF E信号の振幅が変化し開ループゲインがばらつく。本実施の形態では、開ループゲインの調整を行うので、2層光ディスクのように情報面の反射率が低いものであっても、情報面を確実に検出し、確実にフォーカス引き込みすることができる。

5           (実施の形態7)

図23は、本発明の実施の形態7の光ディスク装置2007の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

本実施の形態において、光検出器2113は、複数の情報面を有する光ディスク2187の所定の情報面に収束して照射された光ビームの光ディスク2187  
10           からの反射光を検出する光検出手段として機能する。

また、F E信号生成回路2115は、光検出器2113の出力に基づいて光ビームの焦点と光ディスク2187の所定の情報面との位置ずれを検出するフォーカスエラー検出手段として機能する。

また、全反射光量信号生成回路2183は、光検出器2113の出力に基づいて光ディスク2187からの全反射光量を検出する全反射光量検出手段として機能する。  
15

また、除算器2185は、前記全反射光量検出手段の出力から前記光ディスクの所定の情報面以外の情報面より反射される反射光量に応じた信号値を減算した値で前記フォーカスエラー検出手段の出力を除算する正規化手段として機能する。

20           光ディスク2187は、片面に第1の情報面と第2の情報面の2つの情報面を有する2層光ディスクである。モータ制御回路2156は、モータ2127が所定の回転数で回転するように制御する。レーザ制御回路2155は、レーザ2109が所定のパワーで発光するように制御する。光検出器2113に入射した光ディスク2187からの反射光は、フォーカスエラー信号生成回路2115、全  
25           反射光量信号生成回路2183に送られる。全反射光量信号生成回路2183は、光検出器2113に入射する光ディスク2187からの全反射光量を検出して出

力する。以下では、全反射光量信号生成回路 2 1 8 3 の出力を全反射光量信号という。

全反射光量信号は、減算器 2 1 8 4 を介して除算器 2 1 8 5 の端子 b に送られる。除算器 2 1 8 5 の端子 a には F E 信号が入力されている。除算器 2 1 8 5 は、  
5 端子 a に入力される信号を端子 b に入力される信号で除算して端子 c から出力する。除算器 2 1 8 5 は光ディスク 2 1 8 7 の情報面の反射率が変化したことにより F E 信号の振幅レベルが影響を受けることなく F E 信号のレベルを一定にするものである。以下では、除算器 2 1 8 5 の出力を正規化 F E 信号という。除算器  
2 1 8 5 の出力は位相補償回路 2 1 1 6、スイッチ 2 1 1 7 を介して電力増幅器  
10 2 1 1 8 に送られる。

従って、光ディスク 2 1 8 7 の情報面の反射率が変化してもフォーカスの開ループのゲインは変化しない。しかしながら、2 層光ディスクでは焦点がある情報面とは別の情報面からの反射光が光検出器 2 1 1 3 に入射する。このために全反射光量信号で F E 信号を正規化しても F E 信号のレベルが低下する。減算器 2 1  
15 8 4 は、この他の情報面からの反射光量を補正する。減算器 2 1 8 4 にはスイッチ 2 1 8 6 が接続されている。スイッチ 2 1 8 6 には第 1 の基準電圧 2 1 8 1 と第 2 の基準電圧 2 1 8 2 が接続されており、マイコン 2 1 8 0 の指令によっていずれかの信号を出力する。

第 1 の基準電圧 2 1 8 1 は、焦点が第 1 の情報面になる場合の第 2 の情報面からの反射光量に対応する。また、第 2 の基準電圧 2 1 8 2 は焦点が第 2 の情報面になる場合の第 1 の情報面からの反射光量に対応する。従って、除算器 2 1 8 5  
20 の出力では第 1 の情報面および第 2 の情報面において他の情報面からの反射光量が除去された信号になる。

なお、第 1 の基準電圧 2 1 8 1 および第 2 の基準電圧 2 1 8 2 のレベルは、光学ヘッド 2 1 1 4 の特性および光ディスク 2 1 8 7 の反射率等によって決まる。  
25 光ビームの焦点を第 1 の情報面から第 2 の情報面へ移動させる際は、マイコン 2



180は、スイッチ2117のコントロール端子dをローレベルとすることにより、スイッチ2117の端子cと端子bとを接続する。

マイコン2180は、光ビームの焦点を第1の情報面から第2の情報面に移動させるためのフォーカス用コイルの駆動電圧をD/A変換器を介してスイッチ2  
5 117の端子bに送る。移動後に再度スイッチ2117のコントロール端子dを  
ハイレベルとし、スイッチ2117の端子cと端子aとを接続してフォーカス制御を動作させる。なお、上述したように光ビームの焦点が第1の情報面上にある  
かまたは第2の情報面上にあるかによってスイッチ2186を切り替える。これ  
により情報面に応じて正規化手段である除算器2185に入力する光ビームの焦  
10 点位置する光ディスク2187の情報面以外の情報面より反射される反射光量  
に応じた信号値（すなわち、除算器2185の端子bに入力する信号値）を変える  
ことができる。

図24は、2層光ディスク2187と光ビーム2106とを示す。図24に示  
される例では、第1の情報面に焦点がある。第1の情報面に記録された情報を再  
15 生する場合には焦点を第1の情報面にあるようにフォーカス制御する。第2の情  
報面に記録された情報を再生する際は一旦フォーカス制御を停止して、対物レン  
ズ103を光ディスク2187に近づけ、焦点を第2の情報面に移動させた後に  
再度フォーカス制御を動作させる。

第1の情報面に焦点がある場合に第1の情報面で反射した光ビームL1が光検  
20 出器2113に入射する。光ビームL1によってFE信号が生成される。

しかしながら、第1の情報面を透過して第2の情報面で反射した光ビームL2  
の一部が光検出器2113に入射する。この反射光はFE信号に影響を与えない  
が全反射光量信号を増大させる。このためFE信号を全反射光量信号で正規化す  
ると光ビームL2の分だけFE信号のレベルが低下する。なお、他の情報面から  
25 の反射光量は焦点が第1の情報面にある場合と第2の情報面にある場合とで異なる。

次に、焦点を第1の情報面から第2の情報面に移動させる動作を説明する。

図25は、光ディスク装置2007の内部で用いられる各信号の波形を示す。

波形(a)は、正規化後のFE信号を、波形(b)はマイコン2180のD/A変換器の出力波形を、波形(c)はスイッチ2186の端子dの波形を、波形

(d)はスイッチ2117の端子dに出力される信号である。マイコン2180は、時間 $t_{60}$ から焦点を第2の情報面に移動させるための加速のパルスをD/A変換器を介して出力する。これによって対物レンズ2103が第2の情報面に向かって移動し、同様に焦点も第2の情報面に向かって移動する。マイコン2180は、正規化後のFE信号のレベルが時間 $t_{61}$ で $-E_3$ になったことを検出して加速パルスを停止する。そして、時間 $t_{62}$ で正規化FE信号がゼロクロスするとスイッチ2186の端子cを端子aから端子bに切り替えて接続する。そして、時間 $t_{63}$ に正規化FE信号のレベルが $E_3$ になると減速パルスを出力する。減速パルスは正規化FE信号のレベルが $E_3$ 以上の期間、すなわち、時間 $t_{64}$ まで出力される。

マイコン2180は、 $t_{65}$ で正規化後のFE信号がゼロクロスした時点でスイッチ2117の端子cと端子aとを接続して再度フォーカス制御を動作させる。他の情報面からの反射光量を除去した全反射光量信号で正規化したFE信号に基づいて加速パルスおよび減速パルスの時間を制御するのでタイミングが正確に検出でき焦点の情報面の移動が安定に行われる。

(実施の形態8)

図26は、本発明の実施の形態8の光ディスク装置2008の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

光検出器2188は、5個の受光部を有する。実施の形態2において、検出器2113は4個の受光部を設けたものを例に説明をしたが、本実施の形態ではこれら4個の受光部の外側を取り囲む受光部を更に設け、この受光部を光ビームの焦点が光ディスクの所定の情報面と異なる情報面からの反射光を検出する迷光検

出手段としたものである。

本実施の形態では、実施の形態 2 で説明した光検出器 2 1 1 3 を構成する 4 つの受光部と、これら 4 つの受光部の外側を取り囲むように設けた迷光検出手段である受光部とを光検出器 2 1 8 8 とするものである。なお、迷光検出手段となる

5 受光部の内側に位置する受光部の全光量を全反射光量信号とする。これは、実施の形態 2 で説明した検出器 2 1 1 3 に相当する部分の受光量である。

図 2 4 で説明したように第 1 の情報面に焦点がある場合の第 2 の情報面からの反射光は光検出器 2 1 8 8 の全体の入射する。また、第 1 の情報面からの反射光はほとんど内側の受光部に入射する。従って、内側の受光部に入射する第 2 の情報面からの反射光量は外側の受光部に入射した光量に比例する。

10

よって、外側の受光部の光量に所定の係数 K を乗算した値を減算器 2 1 8 4 で全反射光量信号から減算することで他の情報面からの反射光の影響を除去した全反射光量信号が得られる。

図 2 7 は、光検出器 2 1 8 8 の構成を模式的に示す。内側の 4 個の受光部が光検出器 2 1 1 3 に相当する部分である。外側の受光部が追加された部分である。焦点を第 1 の情報面から第 2 の情報面に移動させる動作は、実施の形態 7 と同様であるので説明を省略する。

15

(実施の形態 9)

図 2 8 は、本発明の実施の形態 9 の光ディスク装置 2 0 0 9 の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

20

光ディスク 2 1 8 7 は、片面に 2 つの情報面を有する 2 層光ディスクである。モータ制御回路 2 1 5 6 は、モータ 1 2 7 が所定の回転数で回転するように制御する。レーザ制御回路 2 1 5 5 は、レーザ 2 1 0 9 が所定のパワーで発光するように制御する。

他の情報面からの反射光を検出する動作について説明する。マイコン 2 1 9 5 は、スイッチ 2 1 9 6 のコントロール端子 e のレベルを変えることで端子 d と端

25

子bとを接続する。また、スイッチ2410のコントロール端子eのレベルを変えることで端子dと端子cとを接続する。スイッチ2410の端子cは零レベルに設定されている。マイコン2195は、ランプ波発生回路2123の動作を開始させる。ランプ波発生回路2123の出力は、スイッチ2196を介して電力増幅器2118に送られるので対物レンズ2103は光ディスク2187に近づいていく。最初に光ディスク2187の表面でS字波形が出力され、次に第1の情報面でS字波形が出力され、その後第2の情報面でS字波形が出力される。

マイコン2195は、第1の情報面でのS字波形の振幅 $H_1$ と第2の情報面でのS字波形の振幅 $H_2$ とを測定する。マイコン2195は、単層光ディスクでのS字波形の振幅 $H_s$ と、焦点が情報面にある場合の全反射光量信号 $C_s$ のレベルとを予め記憶している。マイコン2195は、式(2)で求まる $Q_1$ を第1の情報面における他の情報面からの反射光ととしてスイッチ2410の端子aに設定する。また、式(3)で求まる $Q_2$ を第2の情報面における他の情報面からの反射光ととしてスイッチ2410の端子bに設定する。

$$Q_1 = C_s \cdot (1 - (H_1 / H_s)) \quad (2)$$

$$Q_2 = C_s \cdot (1 - (H_2 / H_s)) \quad (3)$$

一旦 $Q_1$ および $Q_2$ を求めた後に再度フォーカス引き込みを行う。すなわち、マイコン2195は、スイッチ2196のコントロール端子eのレベルを変えることで端子dと端子bとを接続する。また、スイッチ2410のコントロール端子eのレベルを変えることで端子dと端子aとを接続する。マイコン2195は、ランプ波発生回路2123の動作を開始させる。ランプ波発生回路2123の出力はスイッチ2196を介して電力増幅器2118に送られる。その結果、対物レンズ2103は光ディスク2187に近づいていく。マイコン2195は、第1の情報面を検出するとスイッチ2196のコントロール端子eのレベルを変えることで端子dと端子aとを接続してフォーカス制御の動作を開始させる。焦点位置を第2の情報面に移動させる場合には、マイコン2195は、スイッチ21

9 6 のコントロール端子 e のレベルを変えることで端子 d と端子 c とを接続して、加速のパルスを D/A 変換器を介してスイッチ 2 1 9 6 の端子 c に出力する。また、スイッチ 2 4 1 0 のコントロール端子 e のレベルを変えることで端子 d と端子 b とを接続する。マイコン 2 1 9 5 は、焦点位置が第 2 の情報面に移動した後  
5 にスイッチ 2 1 9 6 のコントロール端子 e のレベルを変えることで端子 d と端子 a とを再度接続してフォーカス制御の動作を開始させる。すなわち、光ビームの焦点を移動させた場合には情報面に応じてスイッチ 2 4 1 0 を切り替える。第 1 の情報面に焦点がある場合は端子 a と端子 d とが接続され、第 2 の情報面に焦点がある場合には端子 b と端子 d とが接続される。

10 図 2 9 は、光ディスク装置 2 0 0 9 の内部で用いられる各信号の波形を示す。図 2 9 において、波形 (a) はランプ波発生回路 2 1 2 3 の出力を、波形 (b) は焦点の位置を、波形 (c) は除算器 2 1 8 5 の出力である正規化 F E 信号をそれぞれ示す。マイコン 2 1 9 5 は、時間  $t_{70}$  にランプ波発生回路 2 1 2 3 を動作させる。その結果、焦点は光ディスク 2 1 8 7 に近づき時間  $t_{71}$  で表面での  
15 正規化 F E 信号のレベルが  $E_4$  を超える。さらに光ビームの焦点が光ディスク 2 1 8 7 に近づき時間  $t_{72}$  で正規化 F E 信号のレベルが  $-E_4$  より低くなる。

マイコン 2 1 9 5 は、光ディスク 2 1 8 7 の表面を光ビームの焦点が通過したことを検出する。さらに対物レンズ 2 1 0 3 を上げていくと光ビームの焦点はさらに光ディスク 2 1 8 7 に近づき、時間  $t_{73}$  で第 1 の情報面での正規化 F E 信号のレベルが  $E_4$  を超える。マイコン 2 1 9 5 は、正規化 F E 信号のレベルが再度  $E_4$  になる期間の正規化 F E 信号の最大値  $a_1$  を測定し記憶する。時間  $t_{74}$  で正規化 F E 信号のレベルが  $-E_4$  より低くなる。マイコン 2 1 9 5 は、正規化 F E 信号のレベルが再度  $-E_4$  になる期間の正規化 F E 信号の最小値  $b_1$  を測定し記憶する。 $b_1$  は負の値になる。 $a_1$  から  $b_1$  を減算した値が第 1 の情報面での  
20 S 字波形の振幅  $H_1$  である。さらに対物レンズ 1 0 3 を上げていくと光ビームの焦点はさらに光ディスク 2 1 8 7 に近づき、時間  $t_{75}$  で第 2 の情報面での正規



化F E信号のレベルが $E_4$ を超える。マイコン2195は、正規化F E信号のレベルが再度 $E_4$ になる期間の正規化F E信号の最大値 $a_2$ を測定し記憶する。時間 $t_{76}$ で正規化F E信号のレベルが $-E_4$ より低くなる。マイコン2195は、正規化F E信号のレベルが再度 $-E_4$ になる期間の正規化F E信号の最小値 $b_2$ を測定し記憶する。 $a_2$ から $b_2$ を減算した値が第2の情報面でのS字波形の振幅H2である。

マイコン2195は、上述した2つの式を用いてQ1およびQ2を求める。実施の形態9では、焦点を情報面を通過させた際の正規化F Eの振幅で他の情報面からの反射光量を検出するとしたが正規化F Eの振幅の減少するとフォーカス制御系の開ループゲインが比例して減少する。そこでフォーカス制御系の開ループゲインを測定するフォーカスゲイン測定手段（図示せず）により測定して単層光ディスクでのゲインとの比に基づいてスイッチ2410の端子aおよび端子bの値を設定することもできる。

（実施の形態10）

図30は、本発明の実施の形態10の光ディスク装置2010の構成例を示す。

上述した実施の形態と同じブロックには同一の番号を付して説明を省略する。

本実施の形態において、ホログラム素子2250は、光ディスク2187の所定の情報面に収束して照射された光ビームの光ディスク2187からの反射光を光軸に近い内側の領域の光と光軸から遠い外側の領域の光とに分割する光ビーム分割手段として機能する。

また、内側F E信号生成回路2256は、内側の領域の光に基づいて光ビームの焦点と前記光ディスク2187の所定の情報面との位置ずれを検出する内側フォーカスエラー検出手段として機能し、外側F E信号生成回路254は、外側の領域の光に基づいて光ビームの焦点と光ディスクの所定の情報面との位置ずれを検出する外側フォーカスエラー検出手段として機能する。

光ディスク2187は、片面に2つの情報面を有する2層光ディスクである。

光ディスク 2 1 8 7 は所定の回転数で回転している。また、レーザ 2 1 0 9 は所定のパワーで発光している。

レーザ 2 1 0 9 から出た光は、コリメートレンズ 2 4 3 0 により平行光になり、ビームスプリッター 2 2 5 6 を透過する。

- 5      透過した光ビーム 2 1 0 6 は集光手段としての対物レンズ 2 1 0 3 により光ディスク 2 1 8 7 上に集光される。集光された光ビームは、光ディスク 2 1 8 7 上のトラックにより反射・回折される。

反射・回折された光ビームは再び対物レンズ 2 1 0 3 を透過して、ビームスプリッター 2 2 5 6 により反射される。

- 10      反射された光ビーム 2 1 0 6 は光ビーム分割手段としてのホログラム素子 2 2 5 0 により回折光と 0 次光に分離される。ホログラム素子 2 2 5 0 を素通りした 0 次光は検出レンズ 2 1 1 1 により集光され、円筒レンズ 2 1 1 2 によりトラックに対して 4 5 度方向の非点収差を与えられて光検出器 2 2 5 3 に入る。

- 15      この光を受けて光検出器 2 2 5 3 から出力される信号は制御用 F E 信号生成回路 2 2 5 7 に入力される。制御用 F E 信号生成回路 2 2 5 7 では制御用 F E 信号が生成される。

制御用 F E 信号は、位相補償回路 2 1 1 6、スイッチ 2 1 1 7 を介して電力増幅器 2 1 1 8 に送られる。従って、制御用 F E 信号に応じてフォーカス用コイルに電流が流れる。

- 20      一方、ホログラム素子 2 2 5 0 で回折された + 1 次光と - 1 次光は検出レンズ 2 1 1 1 で集光され円筒レンズ 2 1 1 2 によりトラックに対して 4 5 度方向の非点収差を与えられて光検出器 2 2 5 3 に入る。

- 25      これらの光を受けて光検出器 2 2 5 3 から出力される信号はそれぞれ光ビームの光ディスクからの反射光を光軸に近い内側の領域の光ビーム光と光軸から遠い外側の領域の光ビーム光とに分割され、対応する内側および外側 F E 信号生成回路 2 2 5 6 および 2 2 5 4 にそれぞれ送られる。

2層光ディスクでは、第1と第2の情報面で保護層の厚さが異なるので球面収差が発生する。なお、第1と第2の情報面の中間の保護層の厚さで球面収差がゼロになるように光学ヘッドが設計されている。従って、第1の情報面では保護層の厚さが薄い状態となり、第2の情報面では厚い状態となる。従って、第1と第2の情報面での球面収差は逆極性になる。

この球面収差により、第1の情報面に焦点がある場合（すなわち、第1の情報面で制御用FE信号のレベルが零の場合）には内側FE信号のレベルは正になり外側FE信号は負になる。

また、第2の情報面に光ビームの焦点がある場合（すなわち、第2の情報面で制御用FE信号のレベルが零の場合）には内側FE信号のレベルは負になり、外側FE信号は正になる。

光ビームの焦点を第1の情報面から第2の情報面へ移動させる際は、スイッチ2117の端子cと端子bとを接続する。

マイコン2255は、光ビームの焦点を第1の情報面から第2の情報面に移動させるためのフォーカス用コイルの駆動電圧をD/A変換器を介してスイッチ2117の端子bに送る。光ビームの焦点は第2の情報面に向かって移動を開始する。マイコン2255は、外側FE信号がゼロクロスした時点で加速パルスを停止して、減速パルスを出力する。

第1の情報面から第2の情報面に光ビームの焦点を移動させる場合、第2の情報面の近傍で最初に外側FE信号がゼロクロスし、次に制御用FE信号がゼロクロスする。そこで、マイコン2255は、外側FE信号が再度ゼロクロスした時点で減速パルスを停止する。

その後、制御用FE信号がゼロクロスした時点でスイッチ2117の端子cと端子aとを接続して再度フォーカス制御を動作させる。

次に、図31を参照して、球面収差と焦点位置との関係を説明する。図31は、第1の情報面で制御用FE信号が零の場合の外側と内側の光ビームの焦点位置を

示す。

上述したように、第 1 の情報面では最適値に対し保護層の厚さが薄くなっている。球面収差は図示されたものとする。外側の光ビームは対物レンズ 2 1 0 3 に近い位置で焦点を結ぶ。内側の光ビームは対物レンズ 2 1 0 3 から遠い位置に焦点を結ぶ。

第 2 の情報面で制御用 F E 信号が零の場合には、保護層の厚さが最適値より厚くなっているため外側の光ビームは対物レンズ 2 1 0 3 から遠い位置で焦点を結ぶ。内側の光ビームは対物レンズ 2 1 0 3 から近い位置に焦点を結ぶ。

従って、対物レンズ 2 1 0 3 を情報面に近づけていくと外側 F E 信号、内側 F E 信号は図 3 2 に示した波形となる。実線が内側 F E 信号を示し、点線が外側 F E 信号を示す。制御用 F E 信号は、外側 F E 信号と内側 F E 信号との平均値となる。

上述したように、第 1 の情報面から第 2 の情報面に焦点を移動させる場合には、第 2 の情報面の近傍で外側 F E 信号は最初にゼロクロスし、次に制御用 F E 信号がゼロクロスする。

次に、焦点を第 1 の情報面から第 2 の情報面に移動させる動作を説明する。

図 3 3 は、光ディスク装置 2 0 1 0 の内部で用いられる各信号の波形を示す。波形 (a) は、F E 信号を、波形 (b) はスイッチ 2 1 1 7 の端子 d の波形を、波形 (c) はマイコン 2 2 5 5 の D/A 変換器の出力をそれぞれ示す。波形

(a) において点線は外側 F E 信号を、太い実線が内側 F E 信号を、細い実線が制御用 F E 信号をそれぞれ示す。

マイコン 2 2 5 5 は、時間  $t_{70}$  から焦点を第 2 の情報面に移動させるための加速のパルスを出力する。これによって焦点は第 2 の情報面に向かって移動する。マイコン 2 2 5 5 は、外側 F E 信号のレベルが時間  $t_{71}$  で零になったことを検出して加速パルスを停止する。そして、減速パルスを出力する。

マイコン 2 2 5 5 は、外側 F E 信号が零になる時間  $t_{72}$  で減速パルスを停止

し、制御用FE信号がゼロクロスする時間 $t_{73}$ にスイッチ2117の端子cと端子aとを接続して再度フォーカス制御を動作させる。

本実施の形態の光ディスク装置によれば、制御用FE信号のレベルに基づいて減速パルスを停止する場合に比べ、外側FE信号がゼロクロスするタイミングで減速パルスを停止するので正確なタイミングで減速パルスを停止できる。その結果、光ビームの焦点を一方の情報面から他方の情報面に安定に移動させることができる。

なお、第1と第2の情報面の中間の保護層の厚さで球面収差が零になるように光学系が設計されていない場合には内側FE信号を用いてタイミングを決めることもできる。

この場合には、第1の情報面と第2の情報面の中間の保護層の厚さによる球面収差の情報に応じて、外側FE信号または内側FE信号の少なくとも一方を適宜選択し、この信号に基づいてアクチュエータ2104を駆動し、光ビームの焦点を一方の情報面から他方の情報面に移動させるように構成すればよい。

#### 産業上の利用可能性

本発明の光ディスク装置によれば、光ディスクの保護層の表面に対するフォーカス制御が実行された後に、光ディスクの情報記録層に対するフォーカス制御が実行される。これにより、保護層の厚さ分だけワーキングディスタンスが実質的に拡大される。その結果、NAが大きい光ヘッドを用いた場合でも、対物レンズが光ディスクの表面に衝突する可能性を顕著に低減することが可能になる。

本発明の他の光ディスク装置によれば、トラッキングエラー信号の振幅が所定の値以上となったことが検出された場合に限り、フォーカス制御を開始することが許可される。これにより、全反射光量のレベルを参照することなく、光ディスクの表面と情報面とを区別することが可能になる。その結果、光ディスクの表面の全反射光量レベルと情報面の全反射光量レベルとの差が小さい場合（例えば、



2層光ディスクの場合)でも、情報面にフォーカスを確実に引き込むことが可能になる。

本発明の他の光ディスク装置によれば、フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことを検出したことに応答して、情報面に対するフォーカス制御が開始される。これにより、全反射光量のレベルを参照することなく、光ディスクの表面と情報面とを区別することが可能になる。その結果、光ディスクの表面の全反射光量レベルと情報面の全反射光量レベルとの差が小さい場合（例えば、2層光ディスクの場合）でも、情報面にフォーカスを確実に引き込むことが可能になる。

本発明の他の光ディスク装置によれば、光ディスクの表面の面ぶれを学習した後に、情報面に対するフォーカス制御が開始される。これにより、面ぶれ学習した光ディスクの表面を基準として情報面に対するフォーカス制御が実行される。その結果、光ディスクの面ぶれが原因で対物レンズが光ディスクに衝突する可能性を大幅に低減することが可能になる。

本発明の他のディスク装置によれば、特定の情報面からの全反射光量を正確に求める手段（正規化手段）が設けられている。これにより、その特定の情報面以外の情報面からの反射光の影響が除去される。

## 請求の範囲

1. 情報記録層と前記情報記録層の上に形成された保護層とを有する光ディスクのための光ディスク装置であって、

5 反射面を検出する反射面検出手段と、

前記光ディスクに照射される光ビームの焦点と反射面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記反射面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、

10 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、

前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、

15 前記反射面検出手段によって前記保護層の表面が検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記保護層に向かって移動するように前記移動手段を制御し、

前記保護層の表面が検出されると、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、

20 前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を解除し、前記反射面検出手段によって前記情報記録層の表面が検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記情報記録層に向かって移動するように前記移動手段を制御し、

前記情報記録層の表面が検出されると、前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御する、光ディスク装置。

25 2. 前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインとは、

前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記保護層の表面の反射率との積が、前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインと前記情報記録層の表面の反射率との積に等しくなるように設定される、請求項 1 に記載の光ディスク装置。

5

3. 前記保護層の表面には、前記情報記録層の反射率を示す情報が予め形成されており、

前記制御手段は、前記保護層の表面に対する前記フォーカス制御を実行している間に、前記情報を前記保護層の表面から読み取り、前記情報に基づいて前記情報記録層の表面に対する前記フォーカス制御のフィードバックゲインを設定する、  
10 請求項 1 に記載の光ディスク装置。

4. 前記保護層の表面の反射率は、3 % ~ 5 % である、請求項 1 に記載の光ディスク装置。

15

5. 複数のトラックが形成された情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、

前記光ディスクに照射された光ビームと前記複数のトラックのうちの対応する 1 つとの位置ずれを検出し、前記位置ずれを示すトラッキングエラー信号を出力  
20 するトラッキングエラー検出手段と、

前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する振幅検出手段と、

前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が所定の誤差範囲内となるようにフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、

前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して移動させる移動手段と、

25 前記フォーカス制御手段と前記移動手段と制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、前記フォーカス制御手段の動作を停止させた状態で、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの前記情報面に形成されたトラックを横断する方向に移動しながら、前記光ディスクに近づくように前記移動手段を制御し、

前記制御手段は、前記振幅検出手段によって前記トラッキングエラー信号の振幅が所定の値以上となったことが検出された場合に限り、前記フォーカス制御手段が動作を開始することを許す、光ディスク装置。

6. 前記情報面に形成された前記複数のトラックのそれぞれは蛇行している、請求項5に記載の光ディスク装置。

7. 前記光ディスク装置は、前記光ビームの焦点と前記情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手段をさらに備え、

前記制御手段は、前記振幅検出手段によって前記トラッキングエラー信号の振幅が所定の値以上となったことが検出され、かつ、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことが検出された場合に、前記フォーカス制御手段の動作を開始させる、請求項5に記載の光ディスク装置。

8. 前記光ディスク装置は、バンド・パス・フィルタをさらに備え、

前記トラッキングエラー信号は、前記バンド・パス・フィルタを介して前記振幅検出手段に供給される、請求項5に記載の光ディスク装置。

9. 前記制御手段は、前記振幅検出手段が前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する場合における前記光ディスクの回転数が前記光ディスクの前記情報面に記録された情報を再生する場合における前記光ディスクの回転数より小さくなるように前記光ディスクの回転を制御する、請求項5に記載の光ディスク装置。

1 0 . 前記制御手段は、前記振幅検出手段が前記トラッキングエラー信号の振幅を検出する場合における前記光ビームの強度が前記光ディスクの前記情報面に記録された情報を再生する場合における前記光ビームの強度より小さくなるように前記光ビームの強度を制御する、請求項 5 に記載の光ディスク装置。

1 1 . 前記制御手段は、前記光ディスクの回転が停止した状態で前記フォーカス制御を実行し、前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が前記所定の誤差範囲内にあることが検出された後に前記光ディスクが回転を開始するように、前記光ディスクの回転を制御する、請求項 5 に記載の光ディスク装置。

1 2 . 情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、

前記光ディスクに照射された光ビームの焦点と所定の面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、

前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、

前記フォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点と前記所定の面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記所定の面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、

前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手段と、

前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、

前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面に向



かって第 1 の方向に移動するように前記移動手段を制御し、

前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されると、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面と前記情報面との距離より大きい所定の距離だけ前記第 1 の方向にさらに移動するように前記移動手段を制御し、

5 前記光ビームの焦点を前記所定の距離だけ前記第 1 の方向にさらに移動させた後、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が 2 回目にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記情報面に向かって前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に移動するように前記移動手段を制御し、

10 前記フォーカスエラー信号が 2 回目にゼロクロスしたことが検出されると、前記情報面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御する、光ディスク装置。

1 3. 前記制御手段は、前記光ディスクの回転が停止した状態で前記フォーカス制御を実行し、前記光ビームの焦点と前記情報面との距離が前記所定の誤差範囲内にあることが検出された後に前記光ディスクが回転を開始するように、前記光ディスクの回転を制御する、請求項 1 2 に記載の光ディスク装置。

1 4. 情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、

20 前記光ディスクに照射された光ビームの焦点と所定の面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、

前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、

25 前記フォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点と前記所定の面との距離が所定の誤差範囲内となるように前記所定の面に対するフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、

前記フォーカスエラー信号がゼロクロスしたことを検出するゼロクロス検出手

段と、

前記フォーカス制御手段と前記移動手段とを制御する制御手段とを備え、

前記制御手段は、

- 5 前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの表面に向かって移動するように前記移動手段を制御し、

- 10 前記フォーカスエラー信号が最初にゼロクロスしたことが検出されると、前記光ディスクの表面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御し、

前記光ディスクの表面に対するフォーカス制御を実行している間に、前記光ディスクの回転角度に応じた前記移動手段の変位を示す変位情報を記憶手段に記憶し、

- 15 前記フォーカス制御手段の動作を停止させた状態で、前記ゼロクロス検出手段によって前記フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことが検出されるまで、前記記憶手段に記憶した前記変位情報に基づいて、前記光ビームの焦点が前記情報面に向かって移動するように前記移動手段を制御し、

- 20 前記フォーカスエラー信号が2回目にゼロクロスしたことが検出されると、前記情報面に対するフォーカス制御を実行するように前記フォーカス制御手段を制御する、光ディスク装置。

- 25 15. 前記フォーカス制御手段は、フォーカス制御手段が動作を開始してから所定の期間は、前記光ディスクに記録された情報を再生する場合に比べて位相が進む帯域が広くなるように位相補償を制御する、請求項14に記載の光ディスク装置。

1 6. 前記フォーカス制御手段は、フォーカス制御手段が動作を開始してから所定の期間は、前記光ディスクに記録された情報を再生する場合に比べてゲインが小さくなるようにゲインを設定する、請求項 1 4 に記載の光ディスク装置。

- 5 1 7. 複数の情報面を有する光ディスクのための光ディスク装置であって、  
前記複数の情報面のうち所定の情報面に光ビームを照射した場合において、前記光ディスクからの反射光を検出する光検出手段と、  
前記光検出手段の出力に基づいて、前記光ビームの焦点と前記所定の情報面との位置ずれを示すフォーカスエラー信号を出力するフォーカスエラー検出手段と、  
10 前記光検出手段の出力に基づいて、前記光ディスクからの全反射光量を検出する全反射光量検出手段と、  
前記全反射光量検出手段の出力から、前記光ディスクの所定の情報面以外の情報面により反射される反射光量に応じた信号値を減算した値で、前記フォーカスエラー信号を除算することにより、正規化されたフォーカスエラー信号を生成する正規化手段と  
15 を備えた、光ディスク装置。

1 8. 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、

- 20 前記正規化されたフォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点と前記所定の情報面との距離が所定の誤差範囲内となるようにフォーカス制御を実行するフォーカス制御手段と、  
前記フォーカス制御の系のゲインを測定するフォーカスゲイン測定手段と  
をさらに備え、  
25 前記信号値は、前記フォーカスゲイン測定手段の出力に基づいて変化する、請求項 1 7 に記載の光ディスク装置。

1 9. 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段をさらに備え、

前記信号値は、前記光ビームの焦点が前記光ディスクの前記所定の情報面を通過するように前記移動手段を駆動した場合における前記正規化されたフォーカスエラー信号の振幅が一定値となるように変化する、請求項 1 7 に記載の光ディスク装置。

2 0. 前記信号値は、前記複数の情報面のそれぞれに対して変化する、請求項 1 7 に記載の光ディスク装置。

2 1. 前記光ビームの焦点が位置する前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面からの反射光を検出する迷光検出手段をさらに備え、前記信号値は、前記迷光検出手段の出力に基づいて変化する、請求項 2 0 に記載の光ディスク装置。

2 2. 前記光ビームの焦点の位置を前記光ディスクに対して垂直方向に移動させる移動手段と、

前記正規化されたフォーカスエラー信号に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点を前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面に移動させるように前記移動手段を制御する制御手段と

をさらに備えた、請求項 1 7 に記載の光ディスク装置。

2 3. 前記光検出手段は、前記光ディスクからの反射光を、光軸に近い内側の領域の光と前記光軸から遠い外側の領域の光とに分割する光ビーム分割手段をさらに備えており、

前記フォーカスエラー検出手段は、前記内側の領域の光に基づいて前記光ビームの焦点と前記光ディスクの前記所定の情報面との位置ずれを検出する内側フォーカスエラー検出手段と、前記外側の領域の光に基づいて前記光ビームの焦点と前記光ディスクの前記所定の情報面との位置ずれを検出する外側フォーカスエラー検出手段とを含み、

前記制御手段は、前記内側フォーカスエラー検出手段の出力および前記外側フォーカスエラー検出手段の出力の少なくとも一方に基づいて前記移動手段を制御することにより、前記光ビームの焦点を前記光ディスクの前記所定の情報面とは異なる情報面に移動させるように前記移動手段を制御する、請求項 2 2 に記載の光ディスク装置。



圖 1

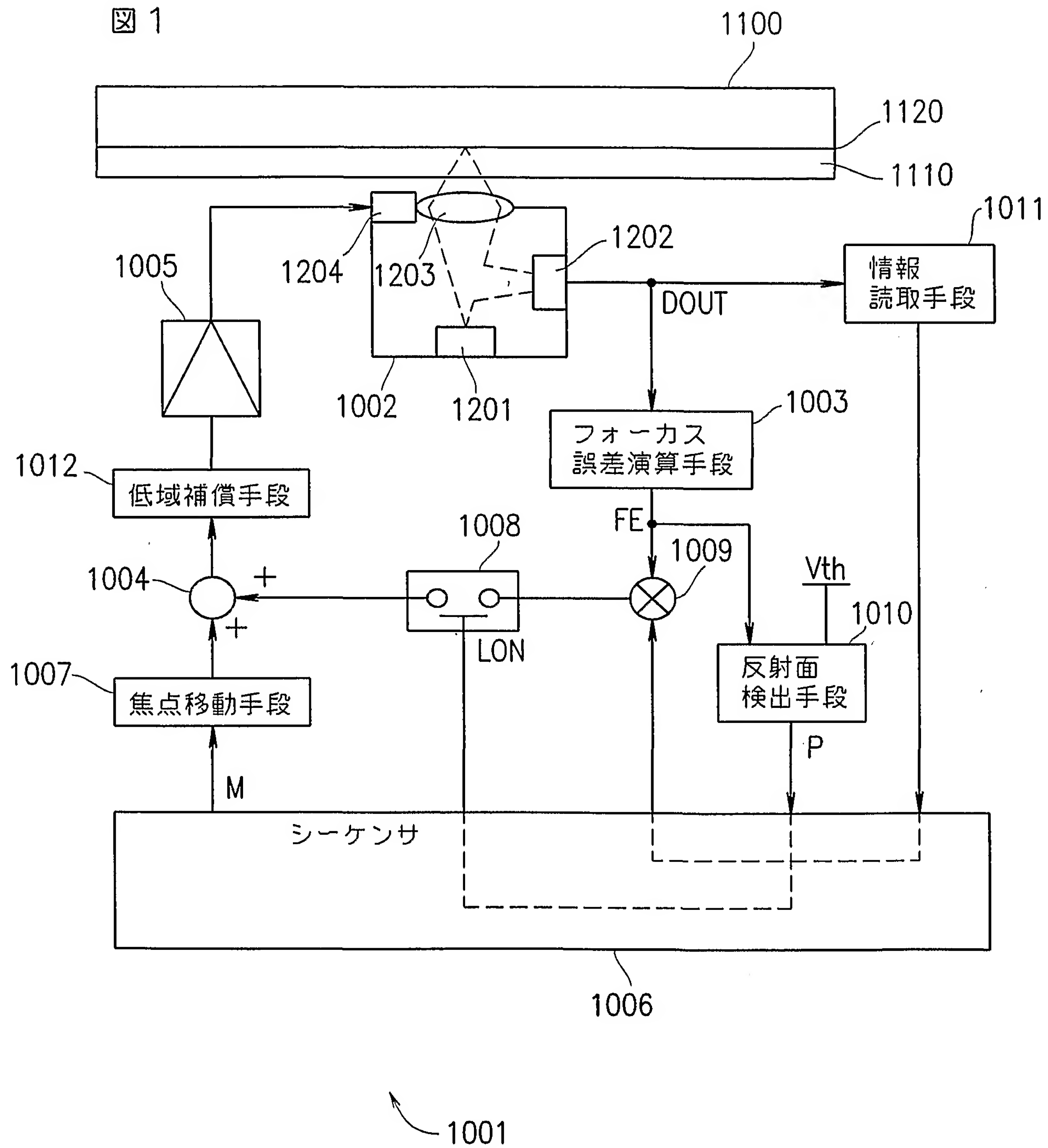


図 2A

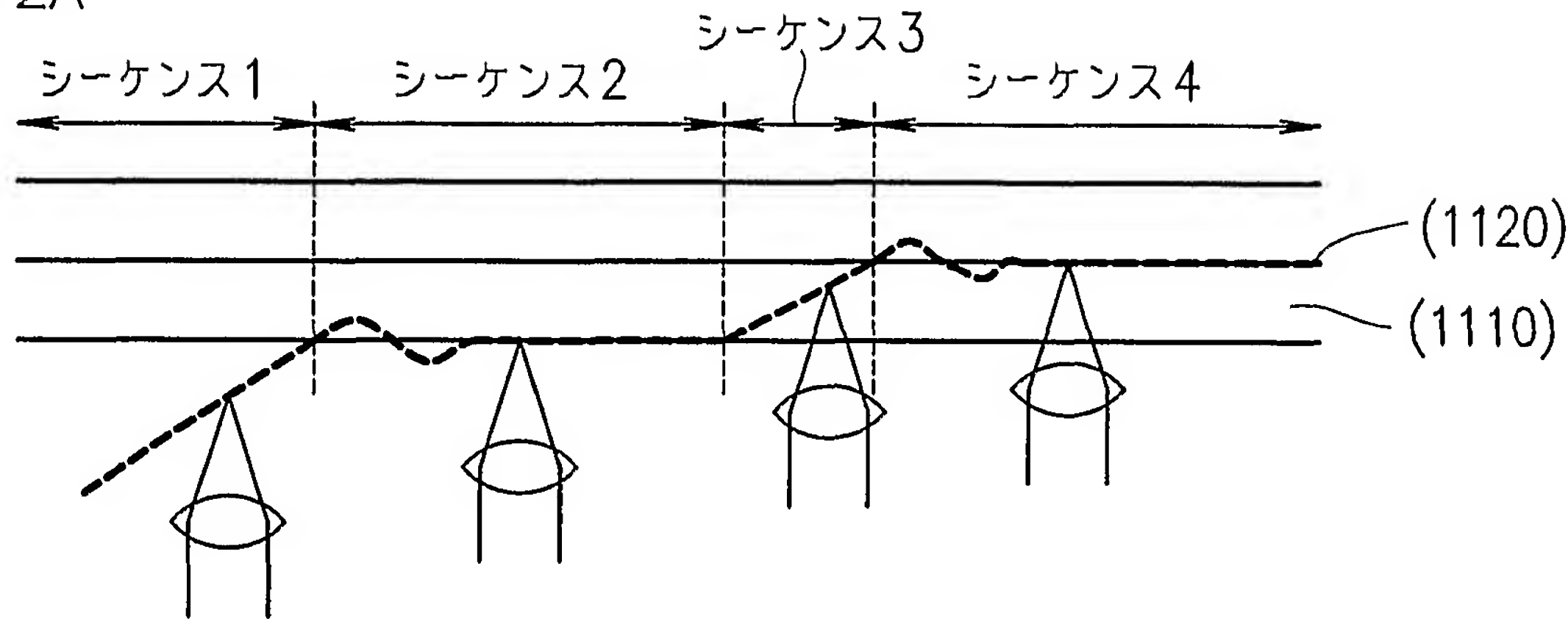


図 2B

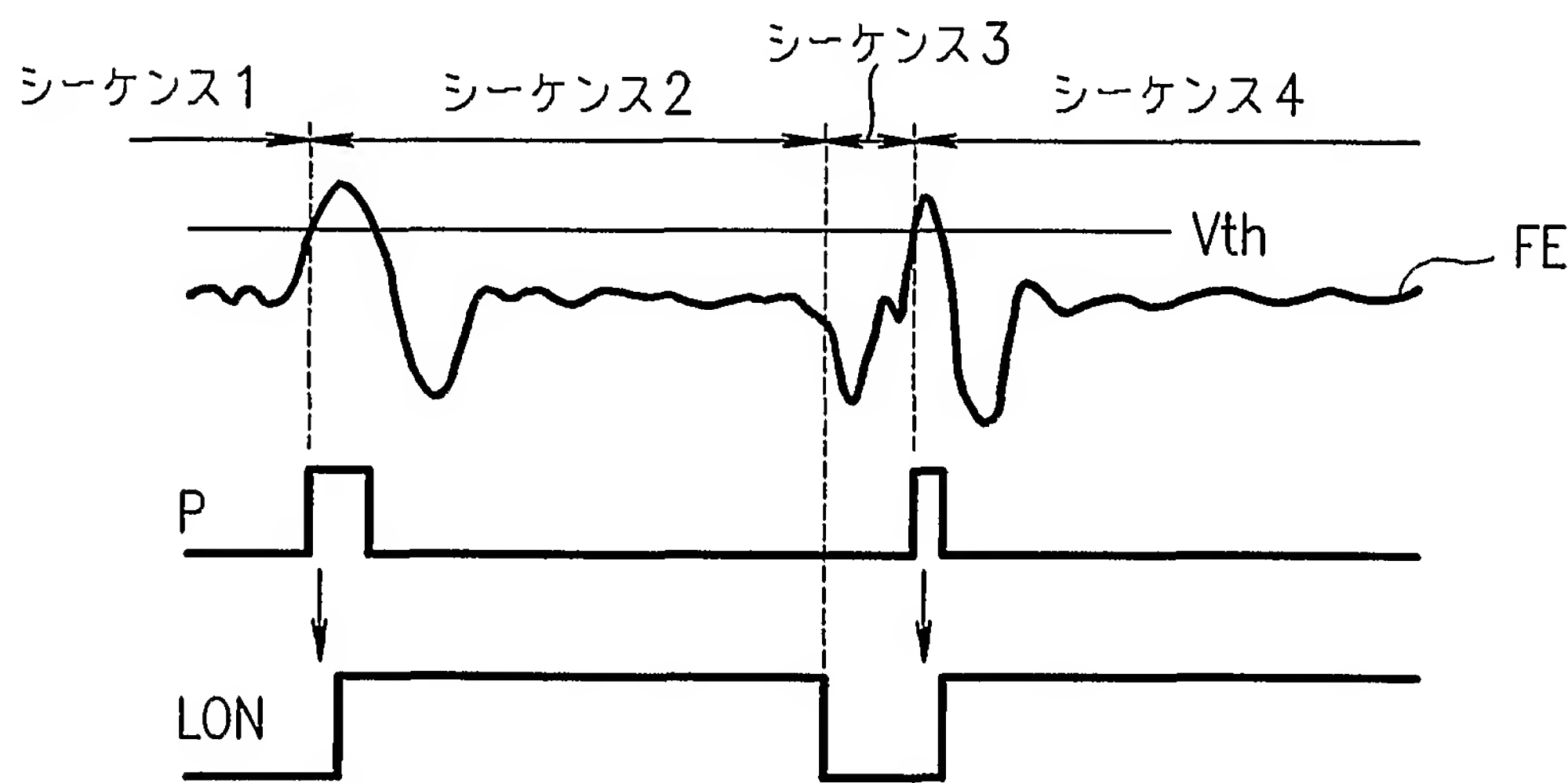
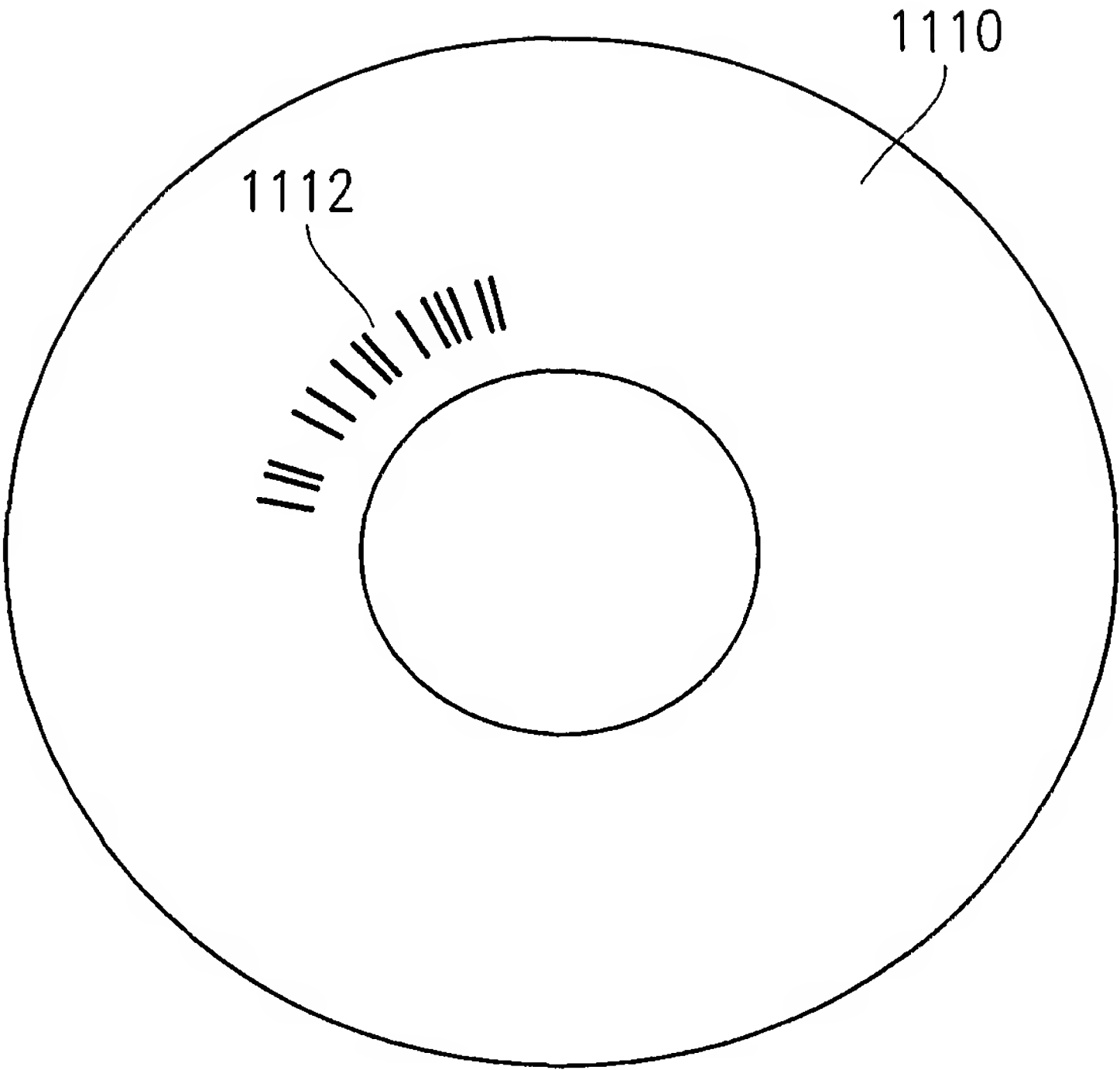
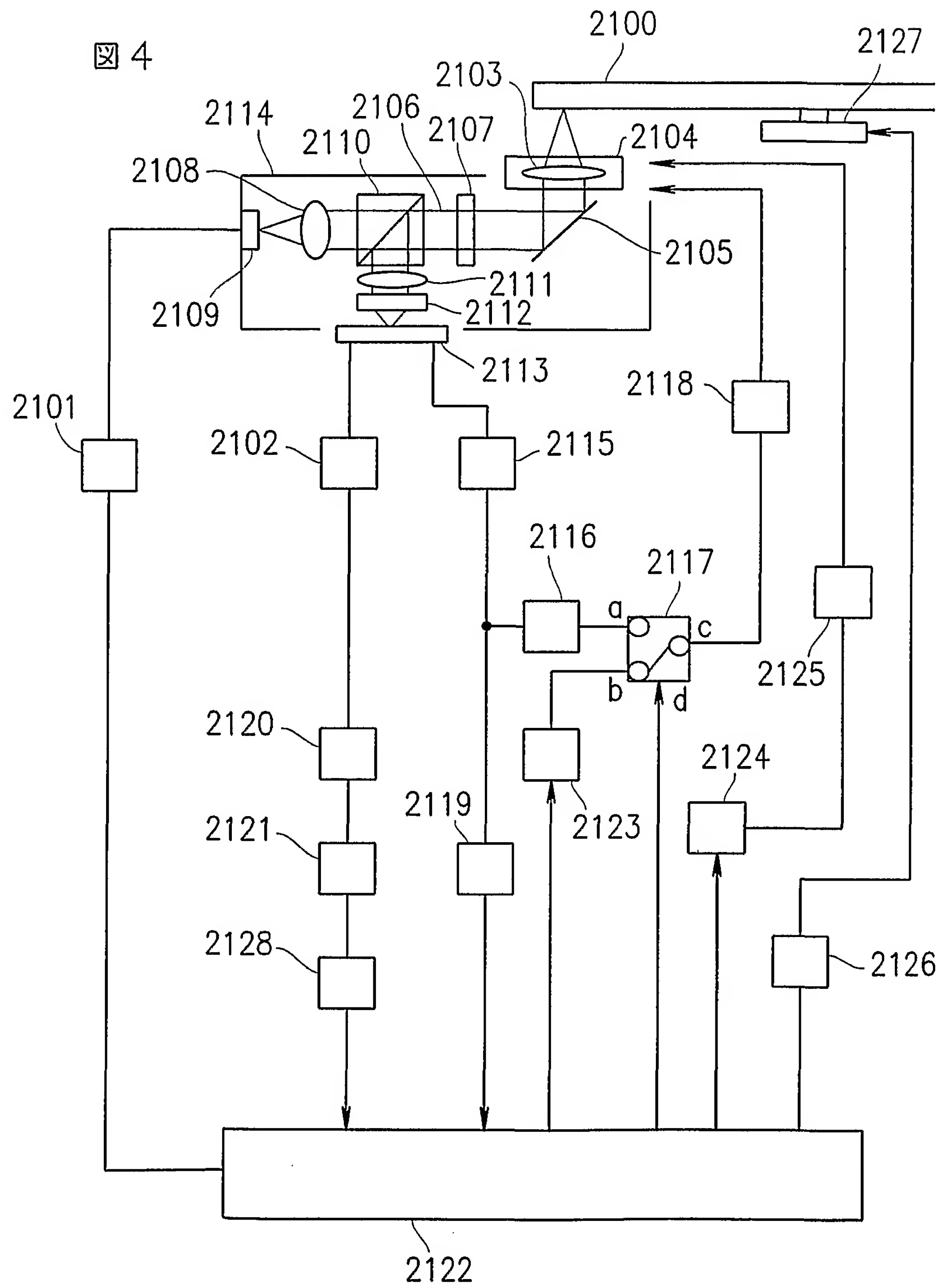


図 3





2002

図 5

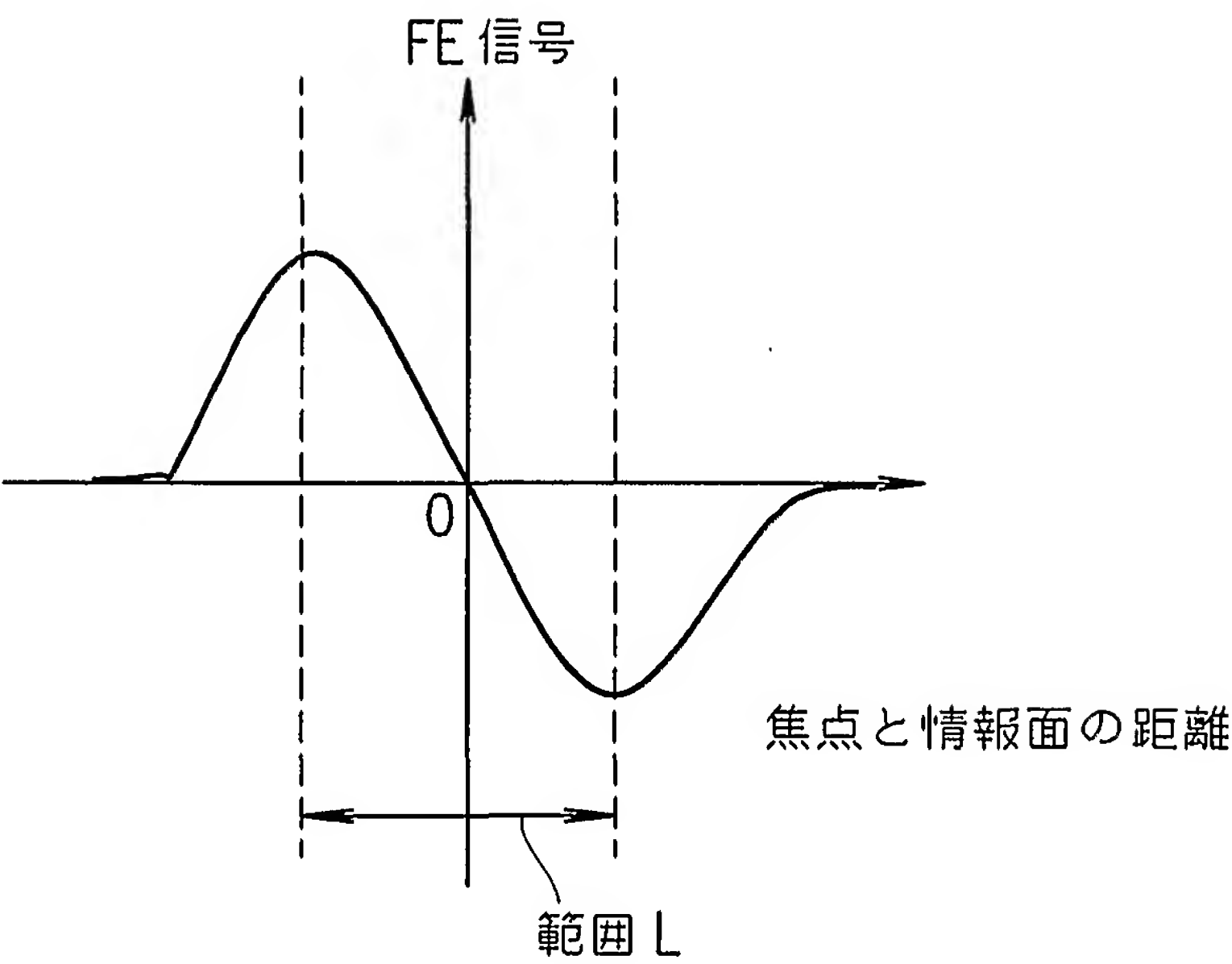


図 6

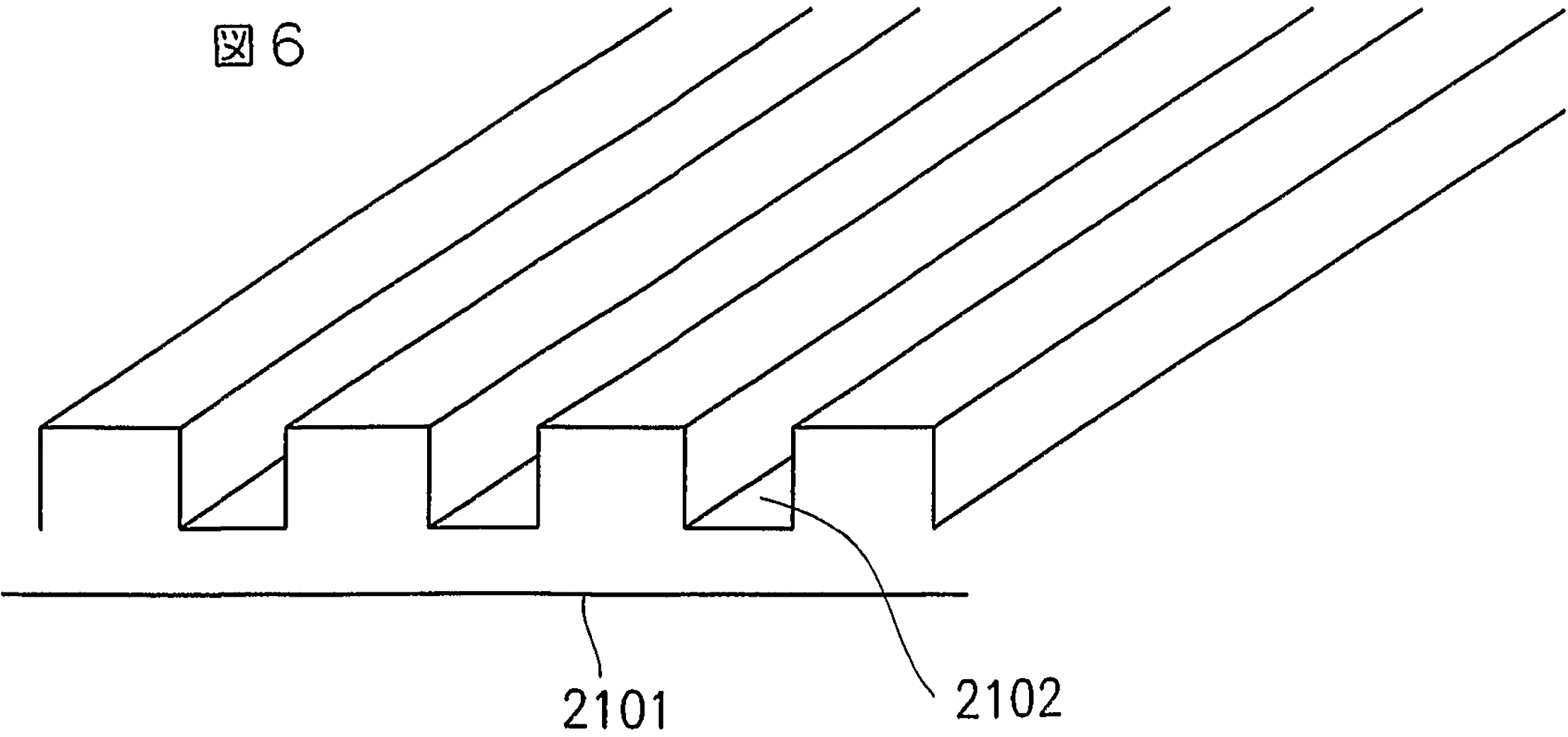




図 7

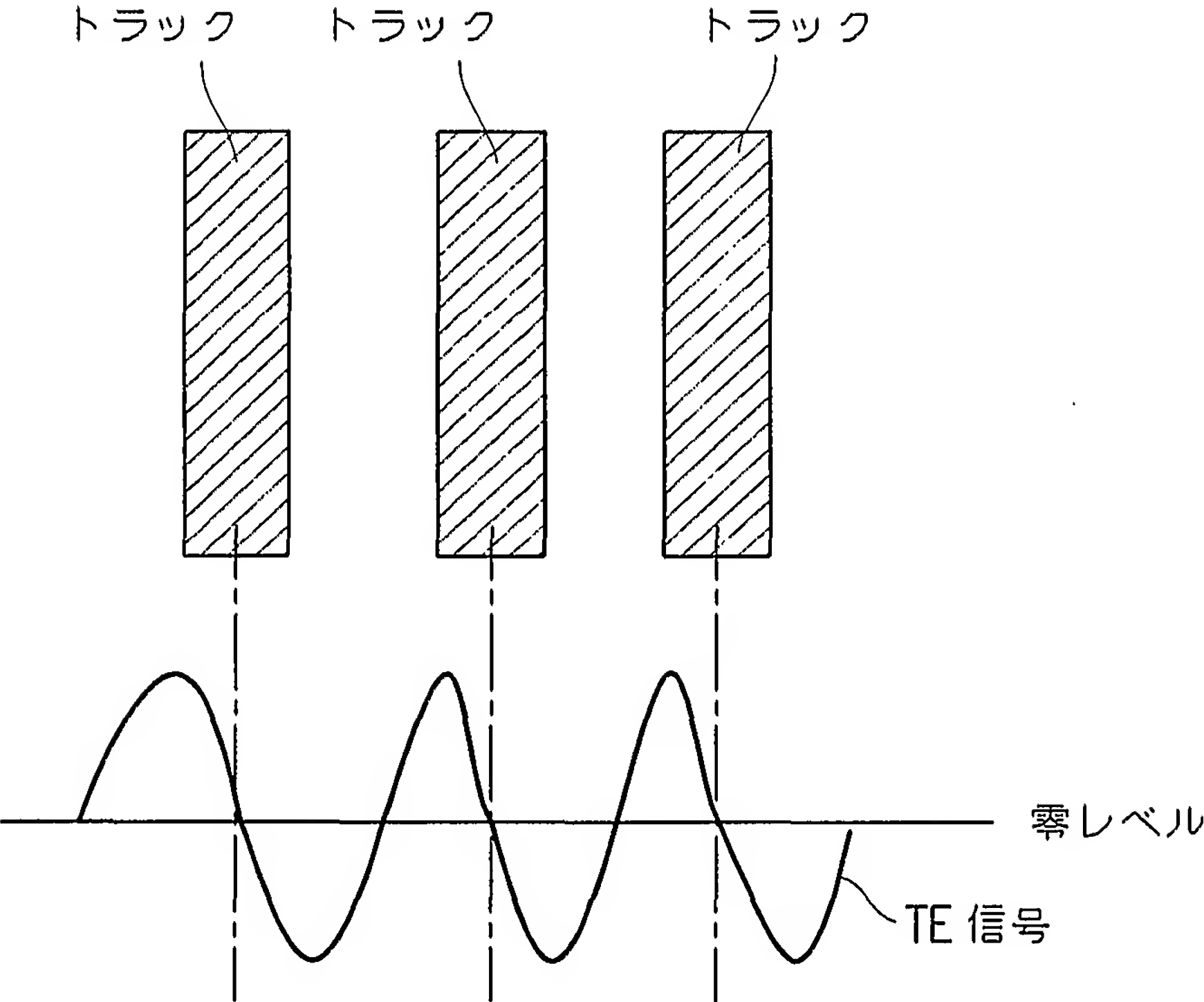


図 8

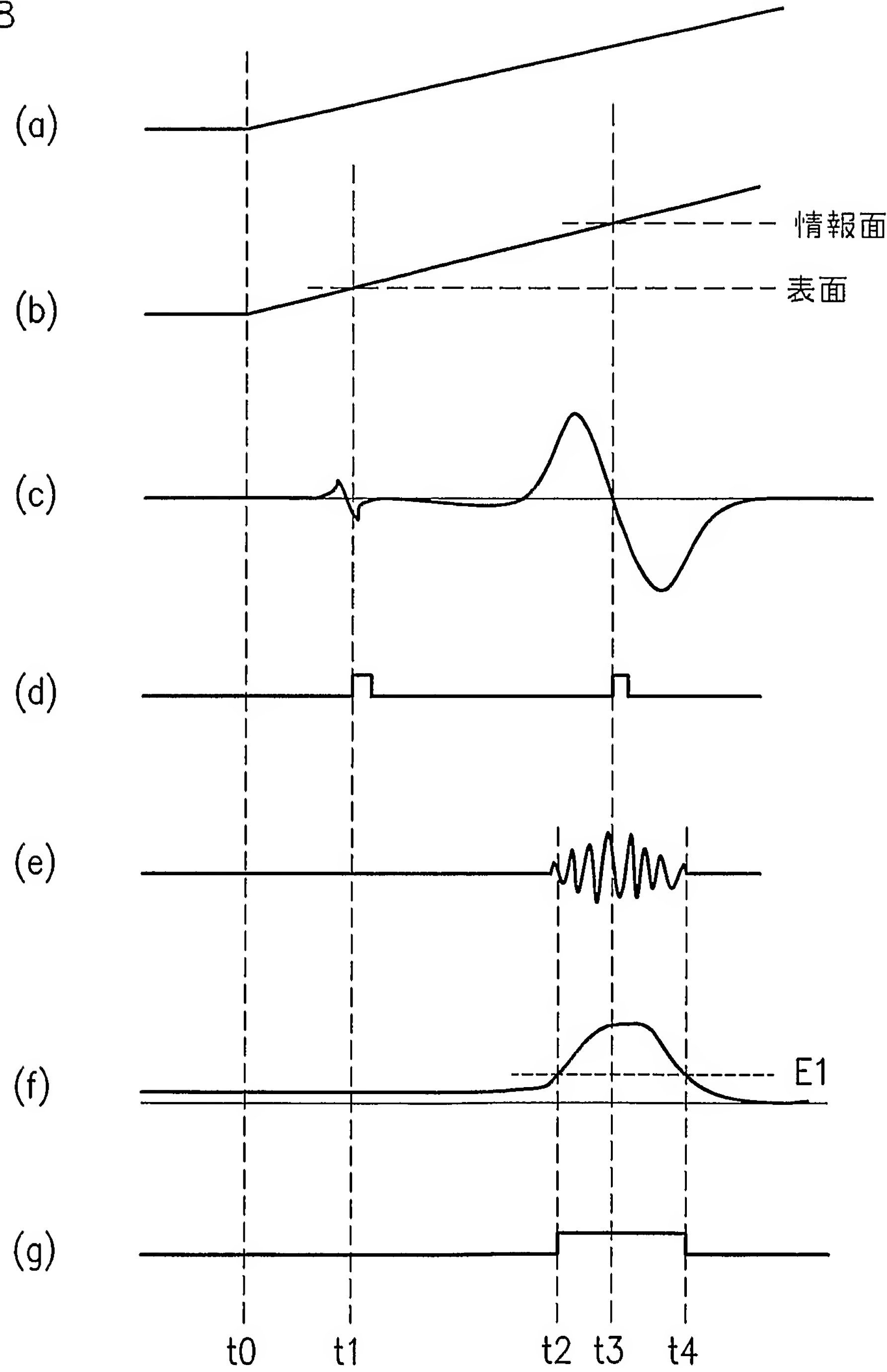
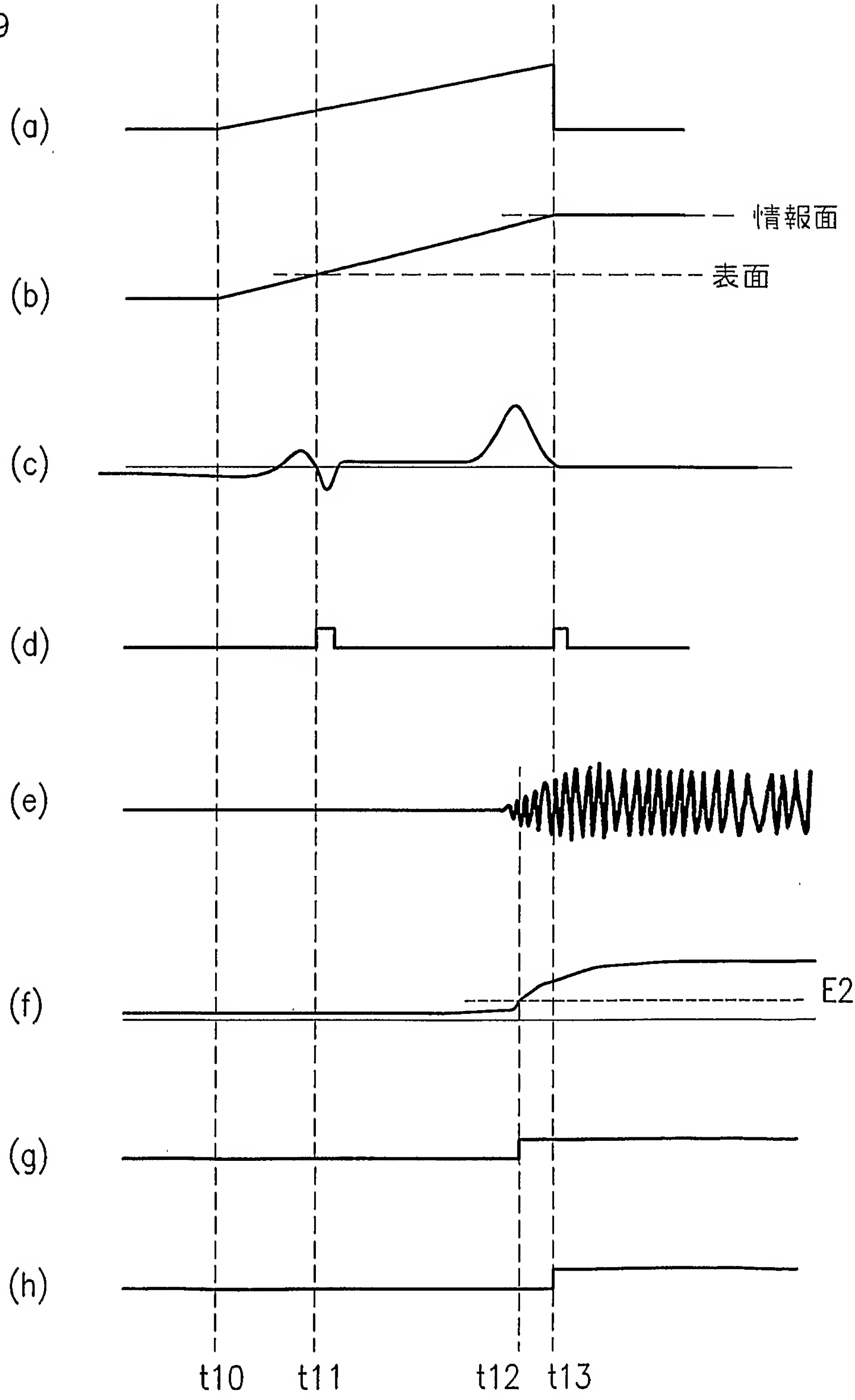
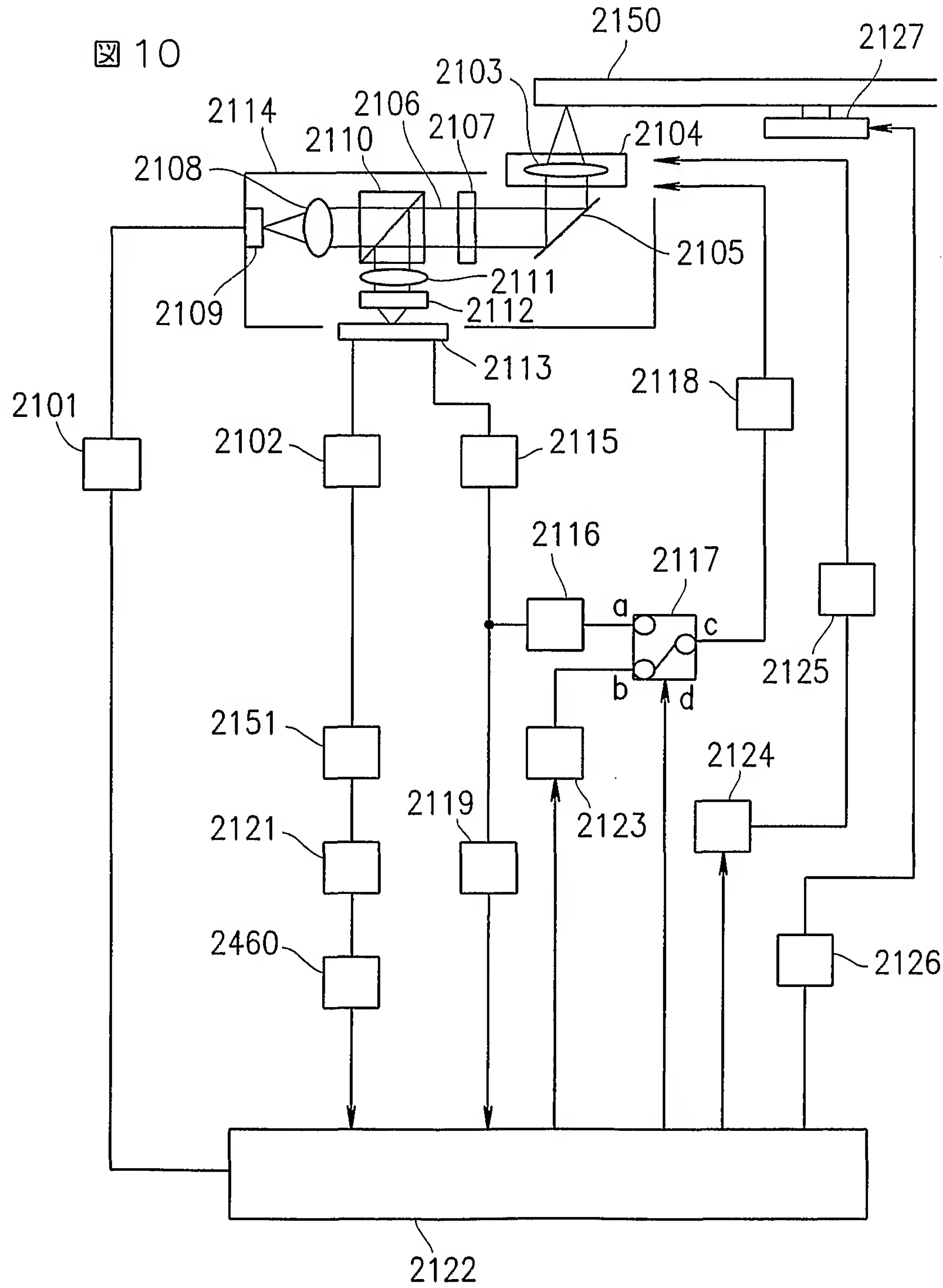


図 9





2003

図 11

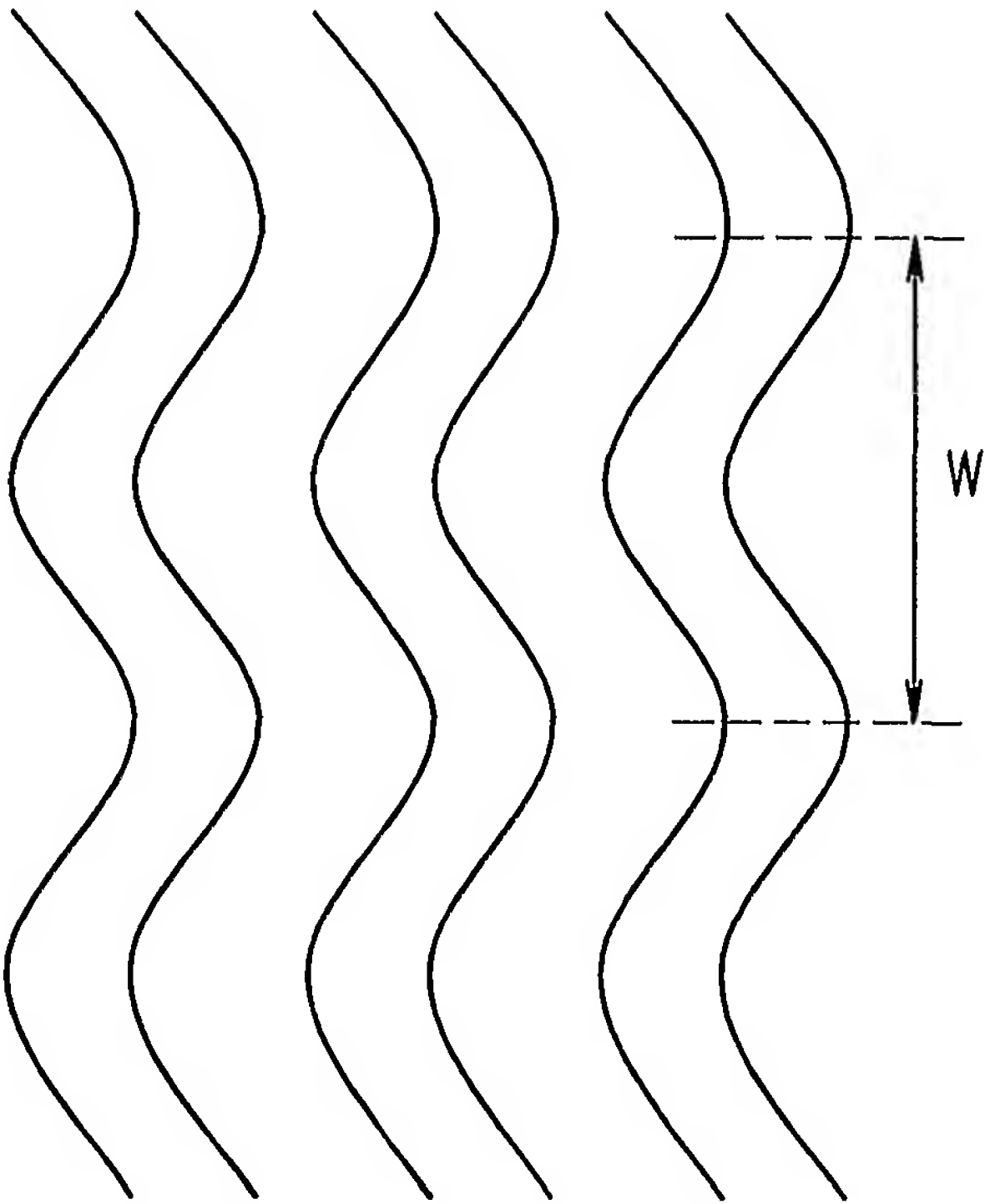


図 12

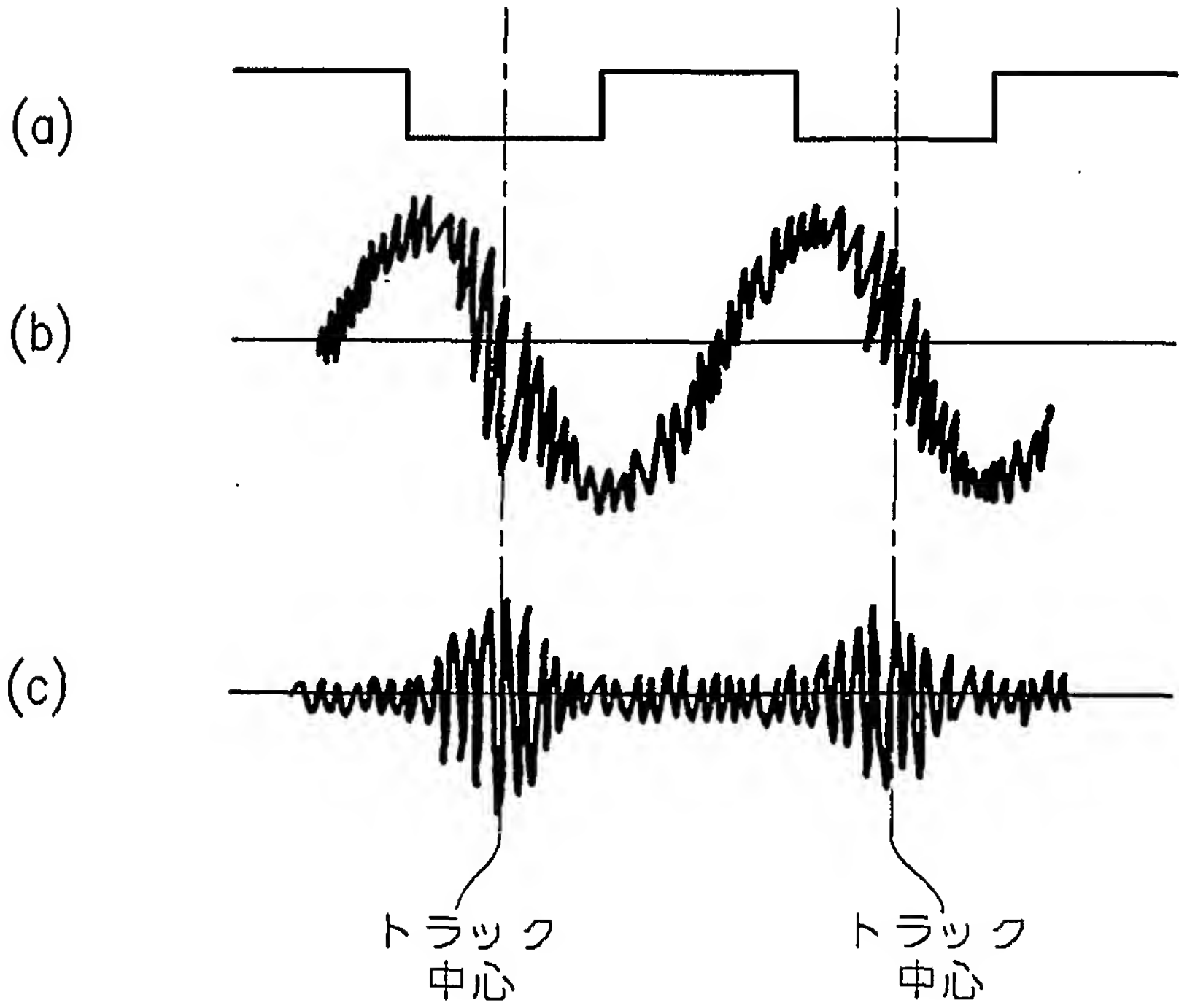
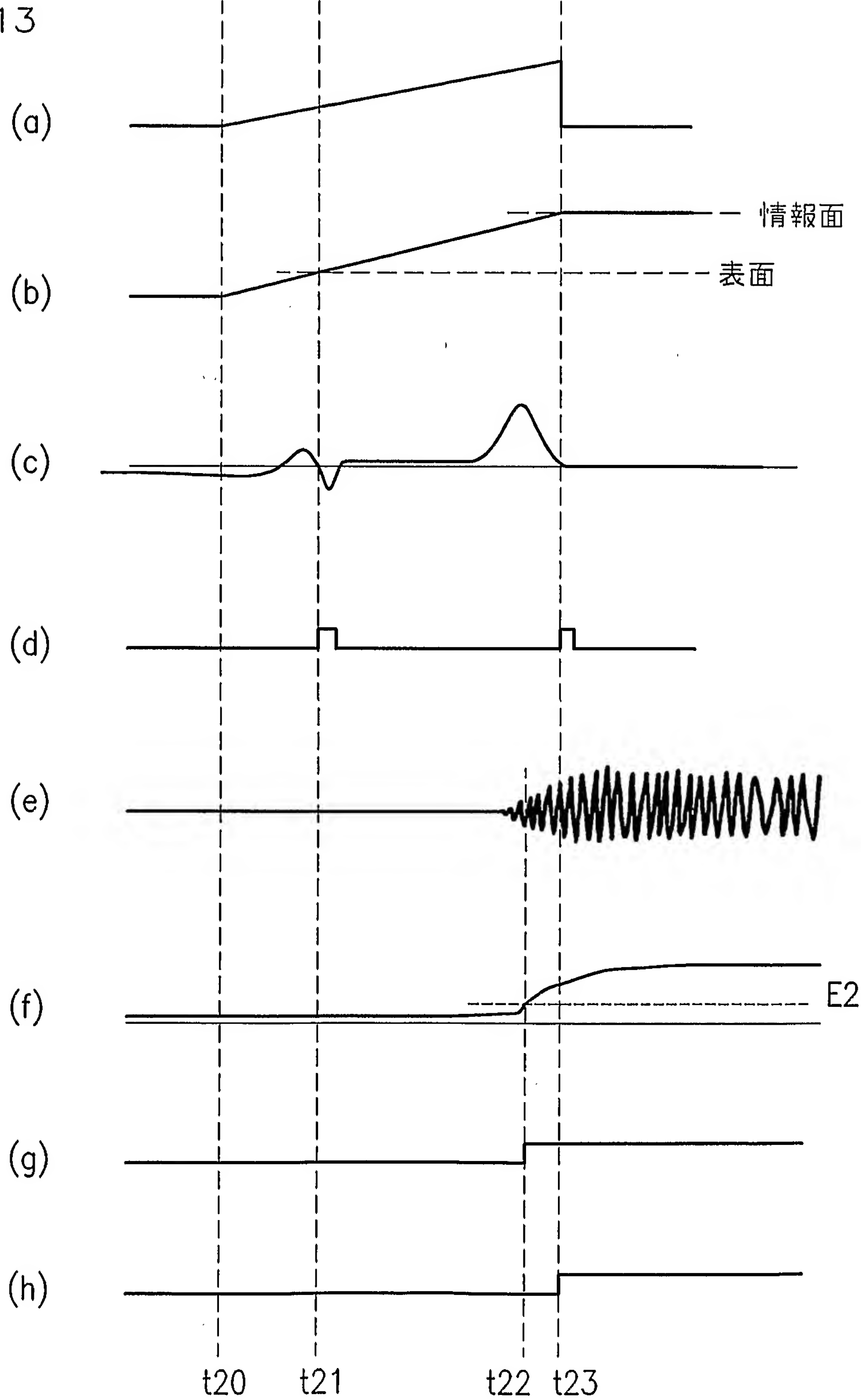
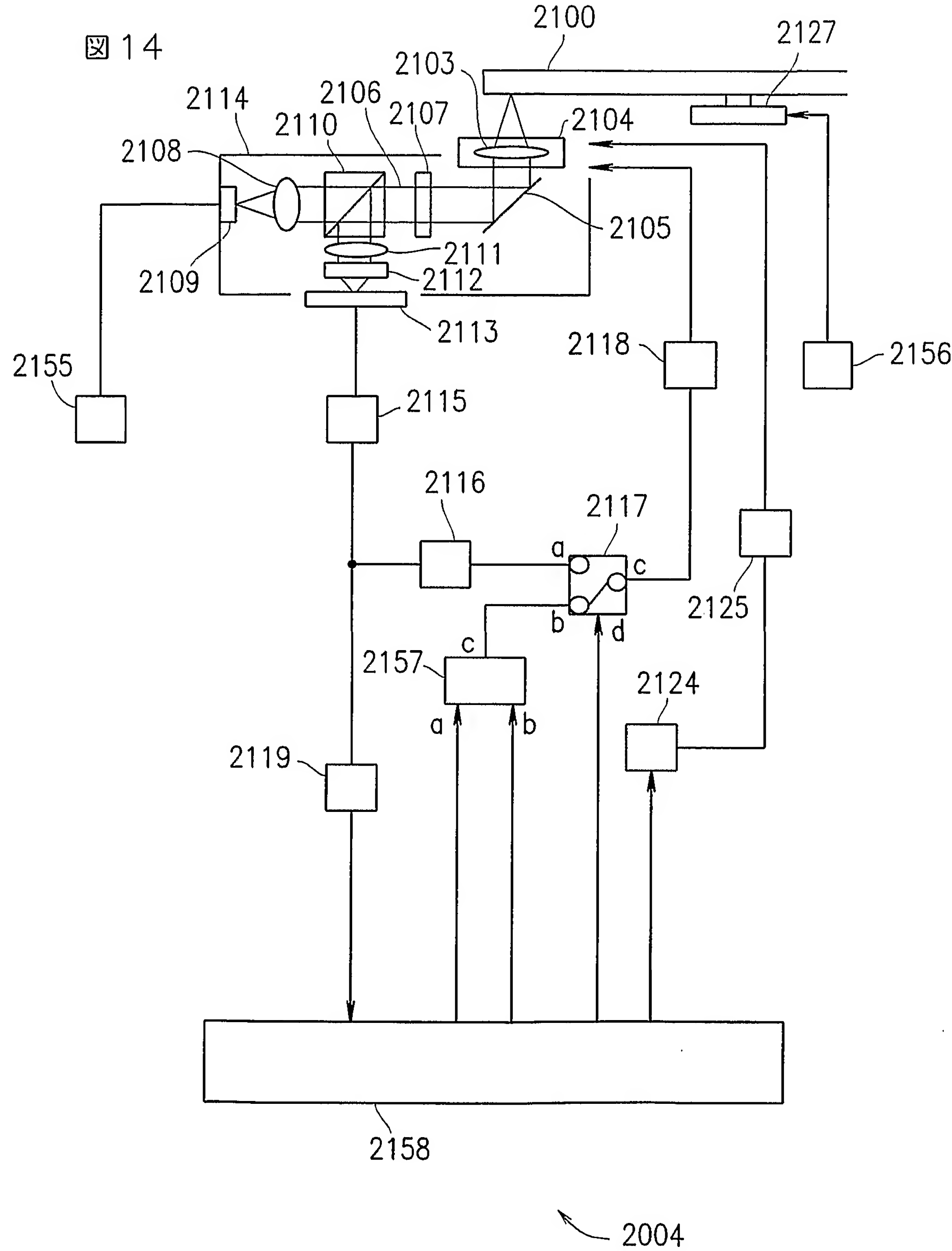
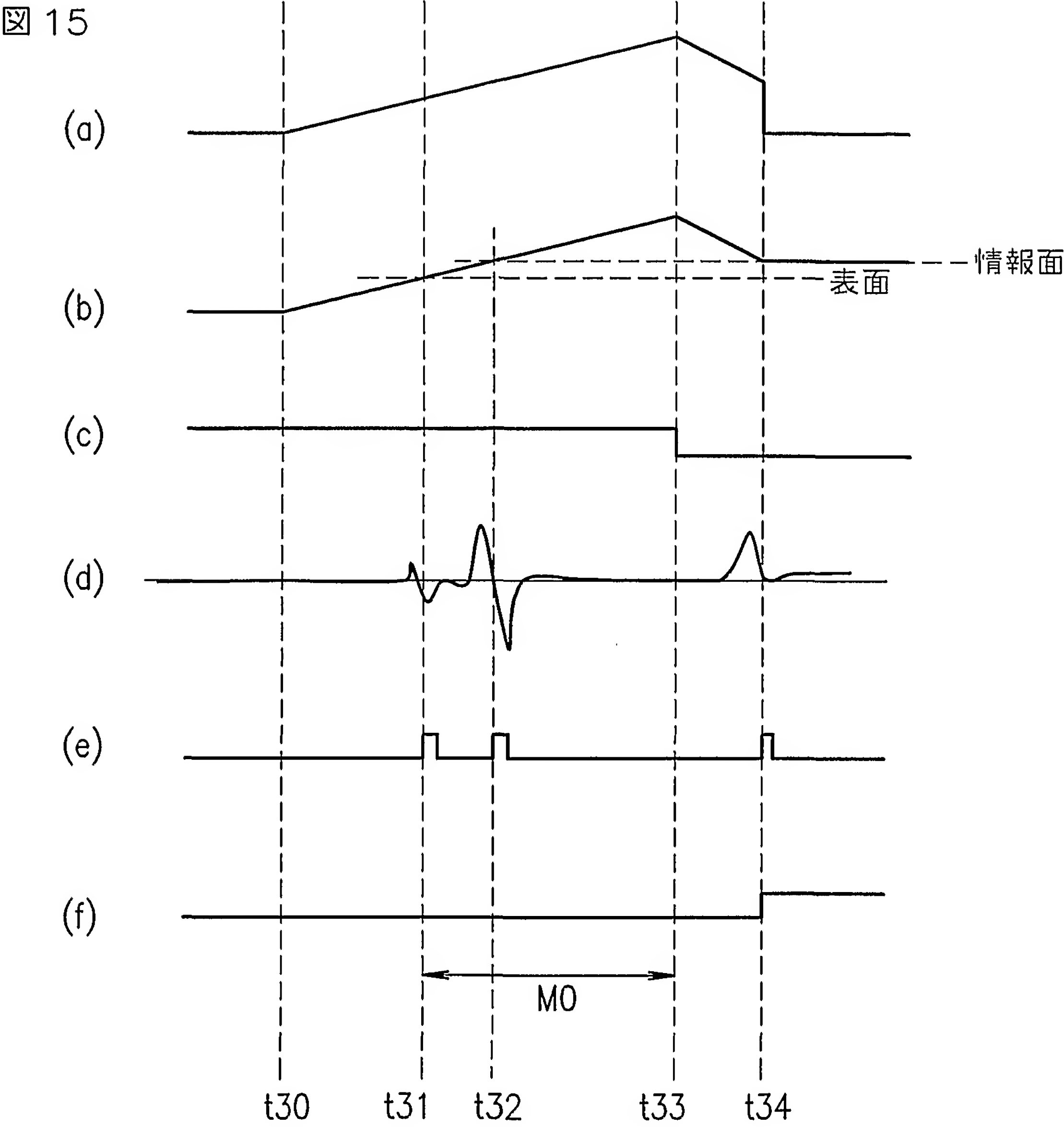


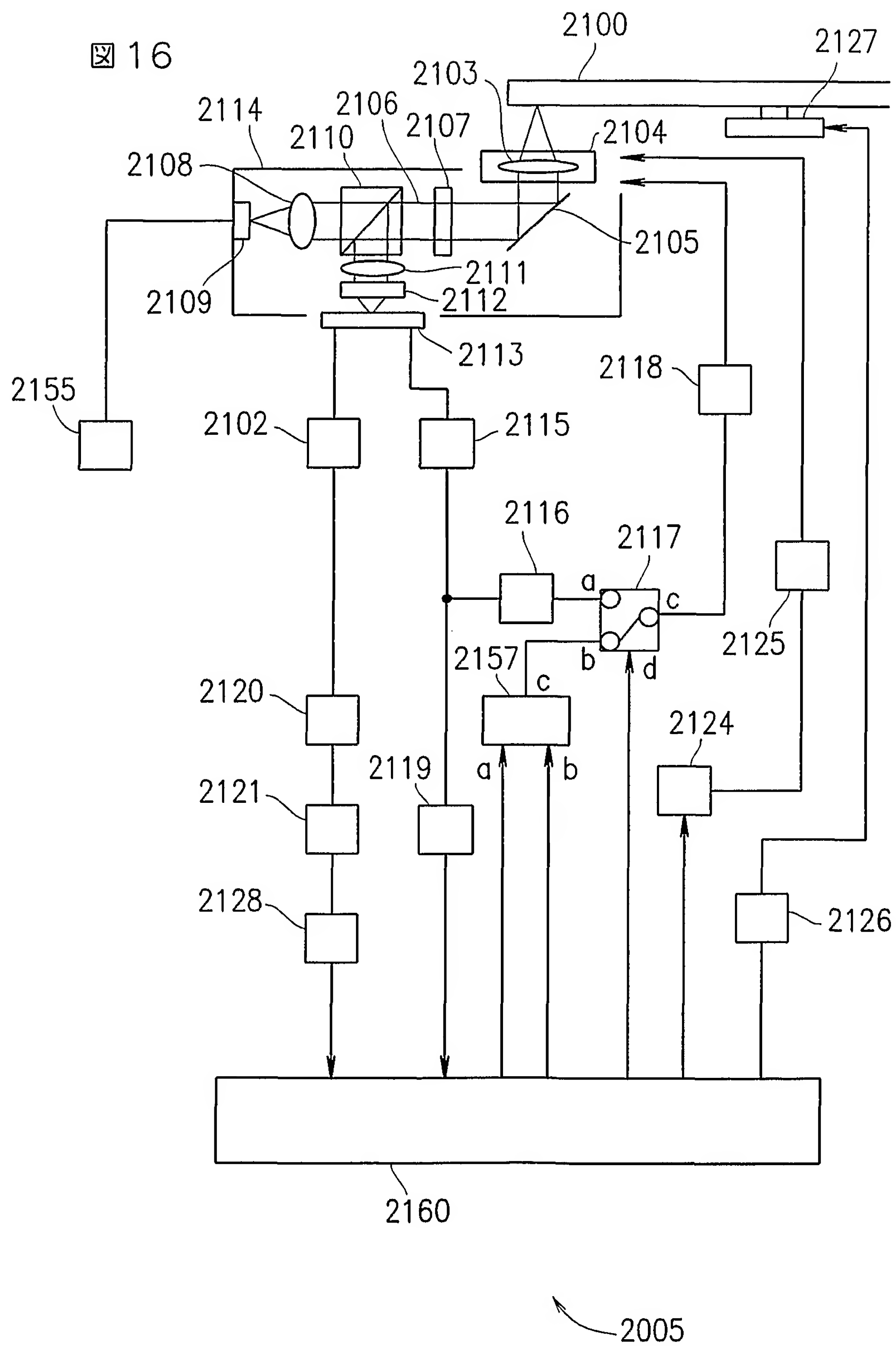


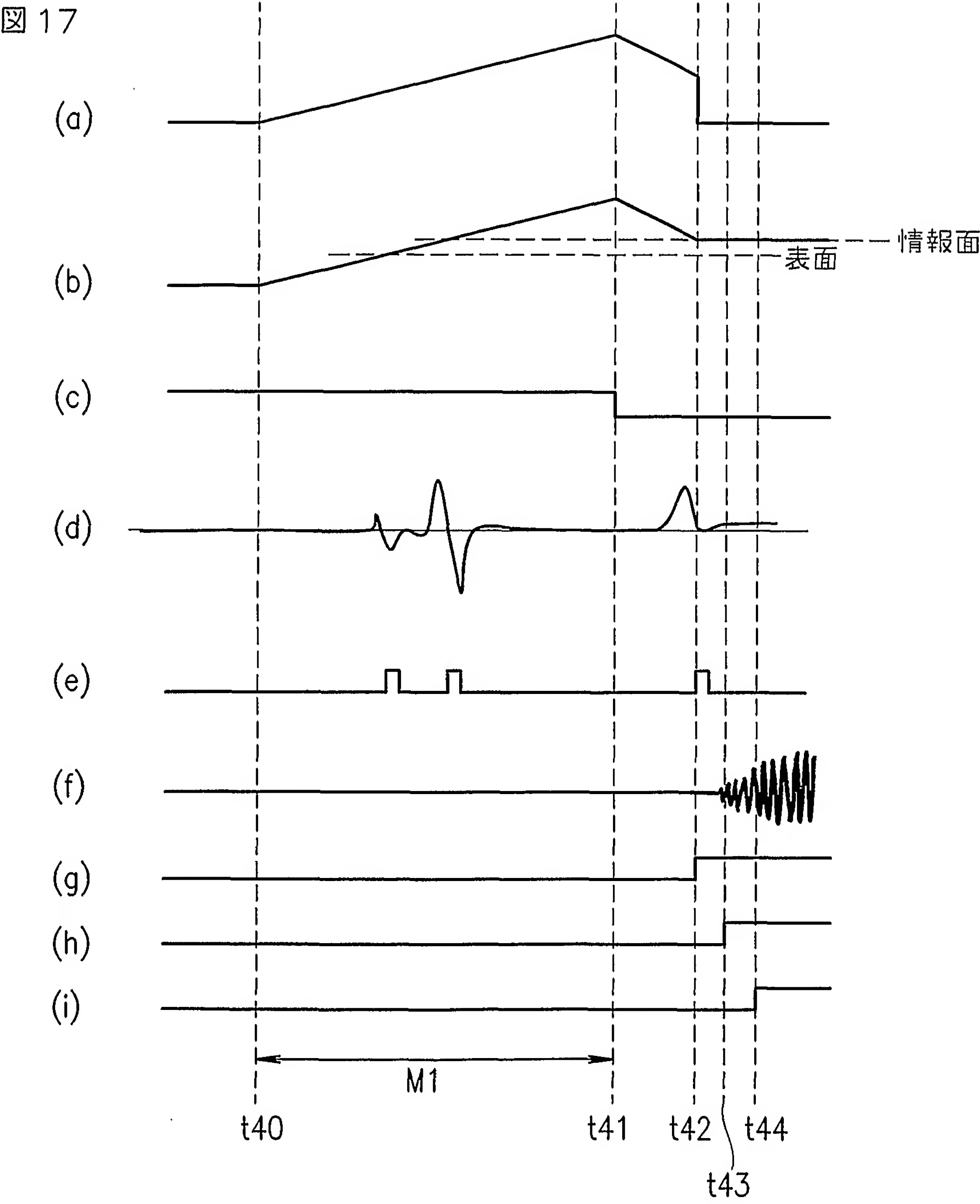
図 13



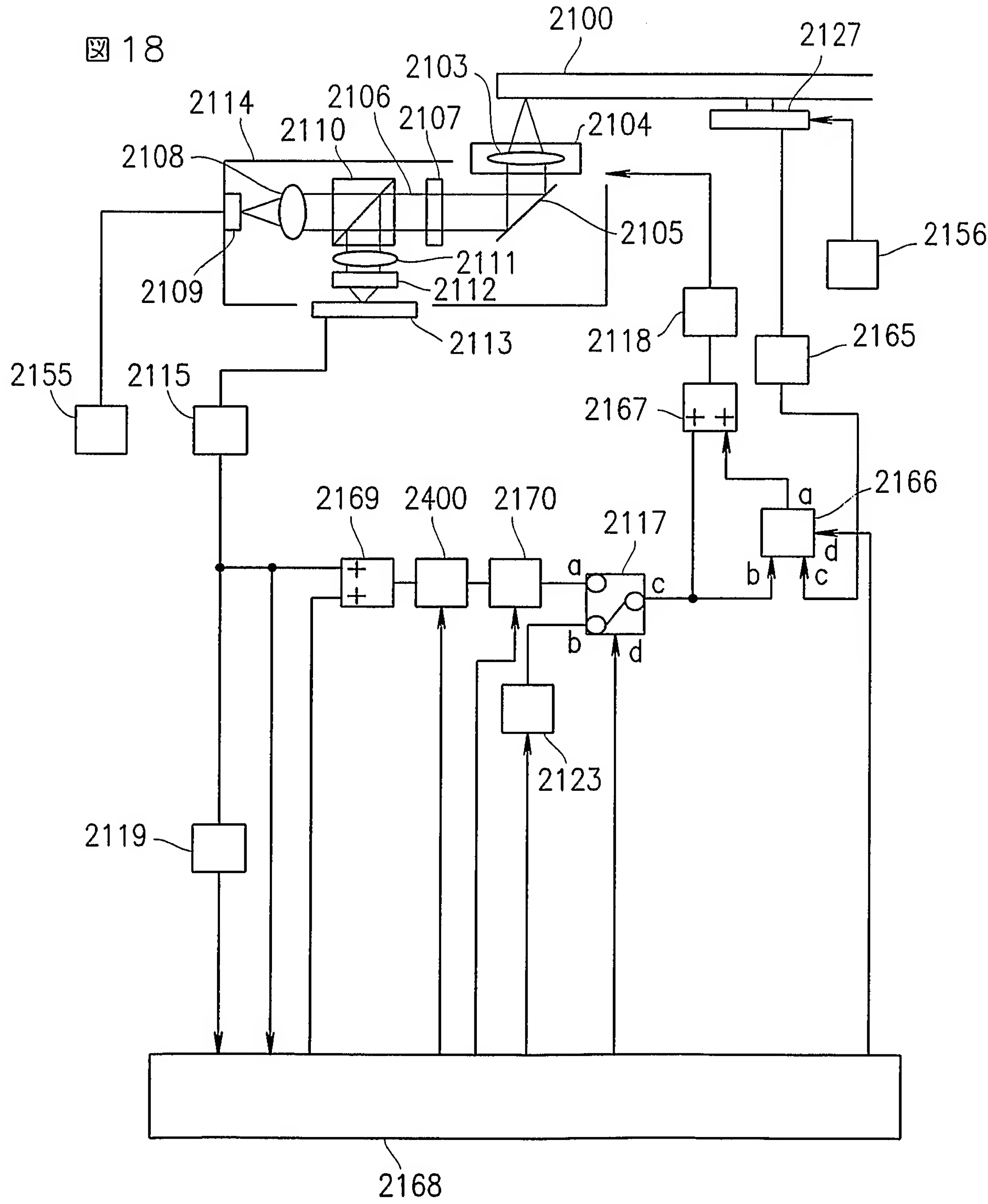












2006

図 19

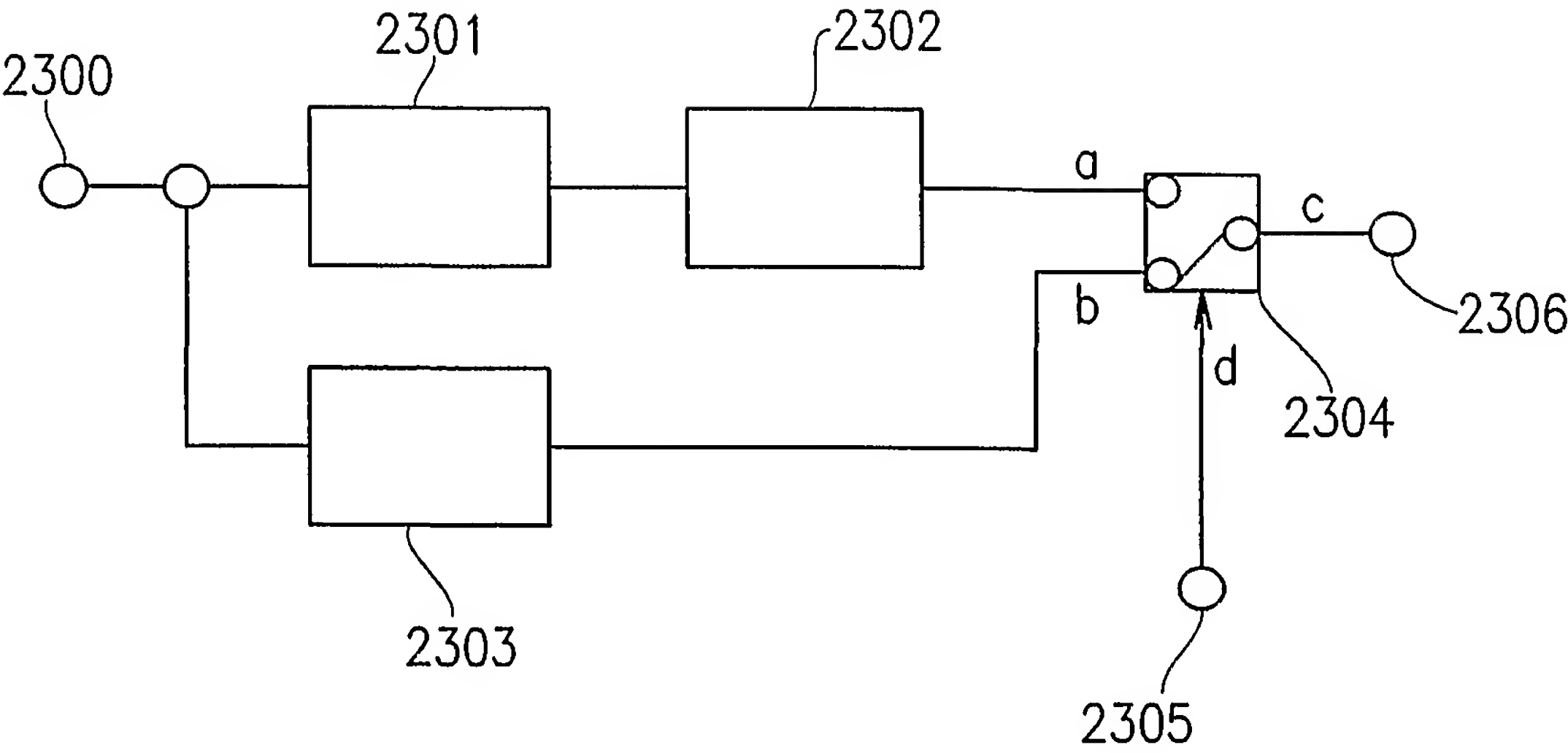


図 20

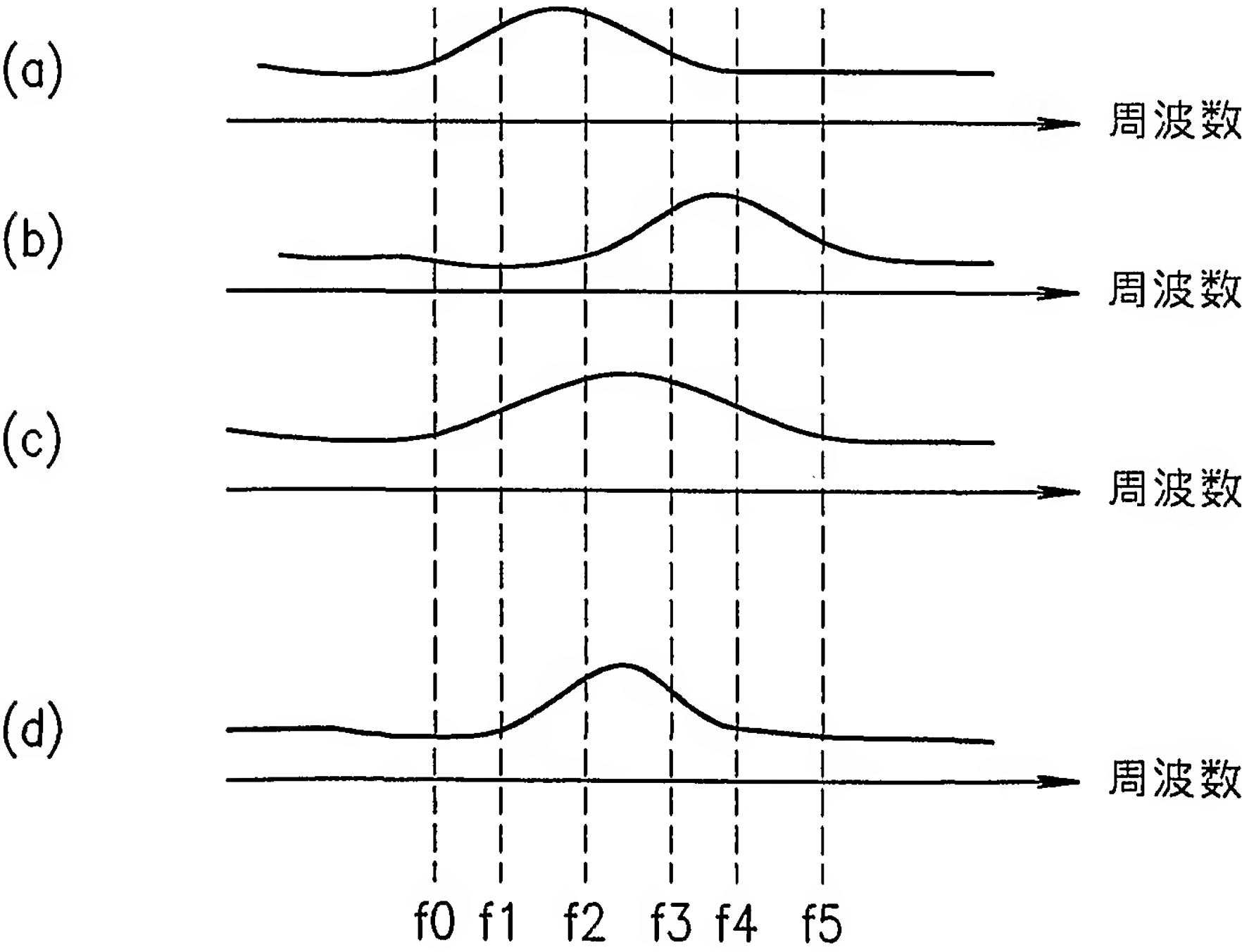
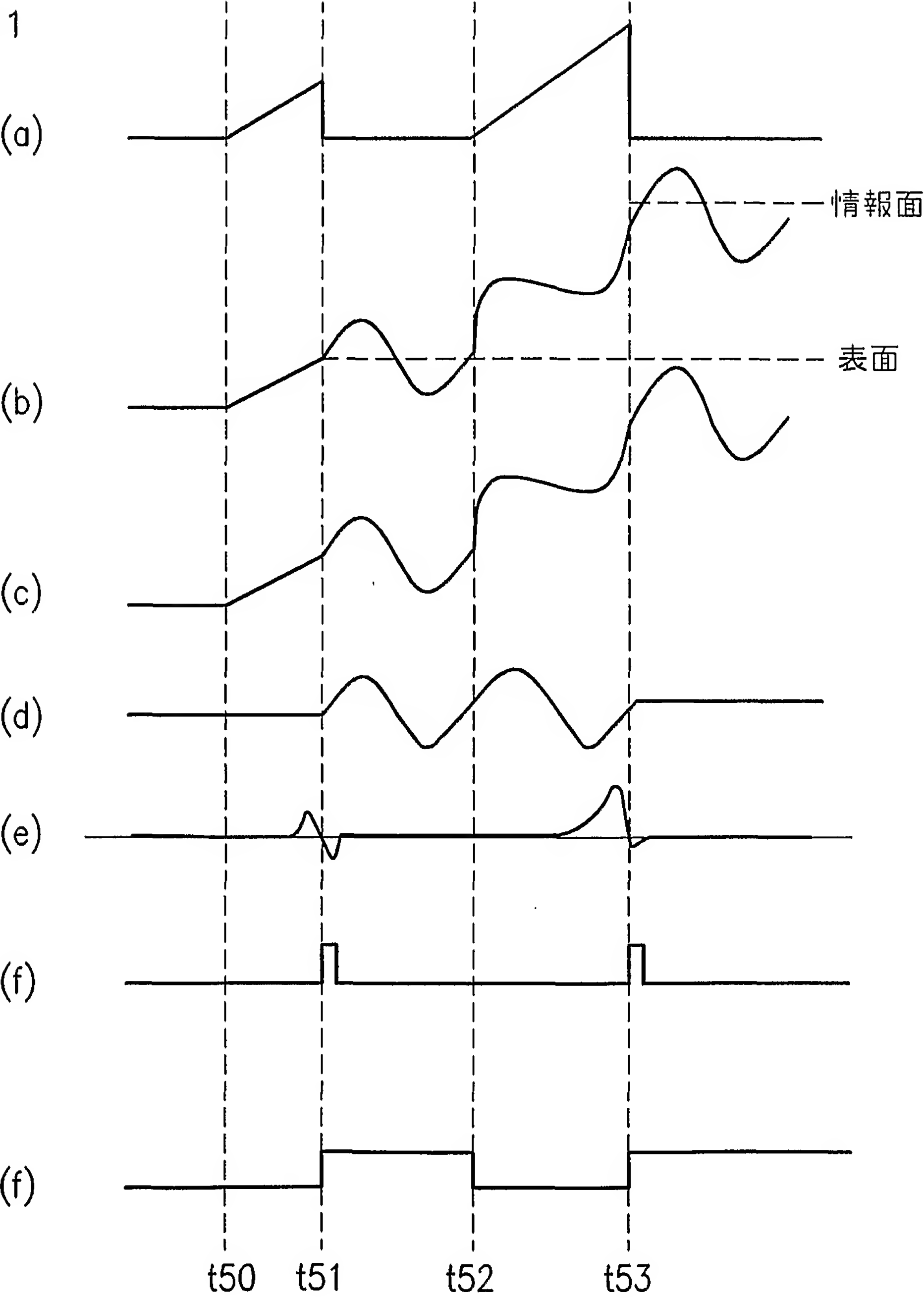
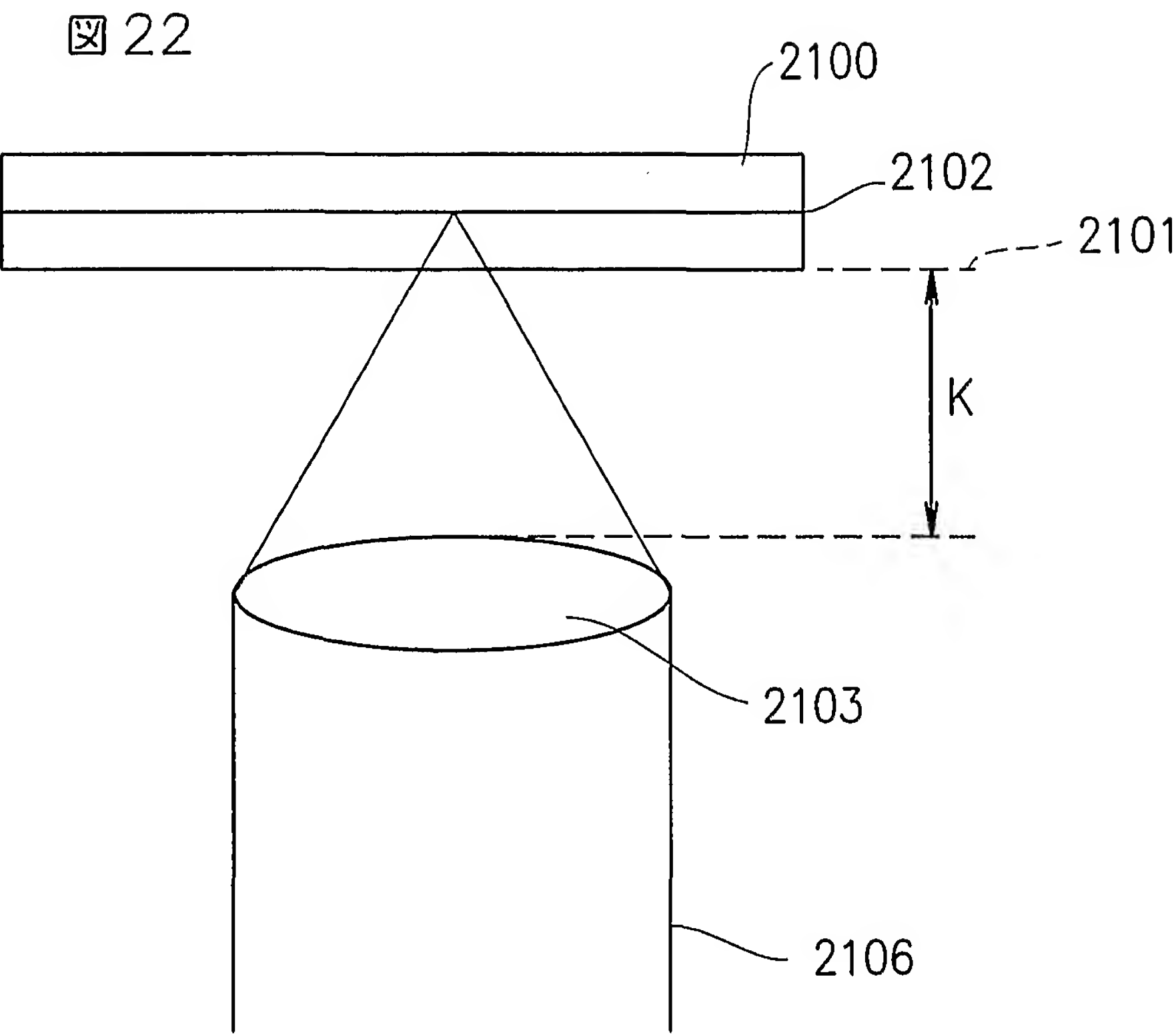


図 21





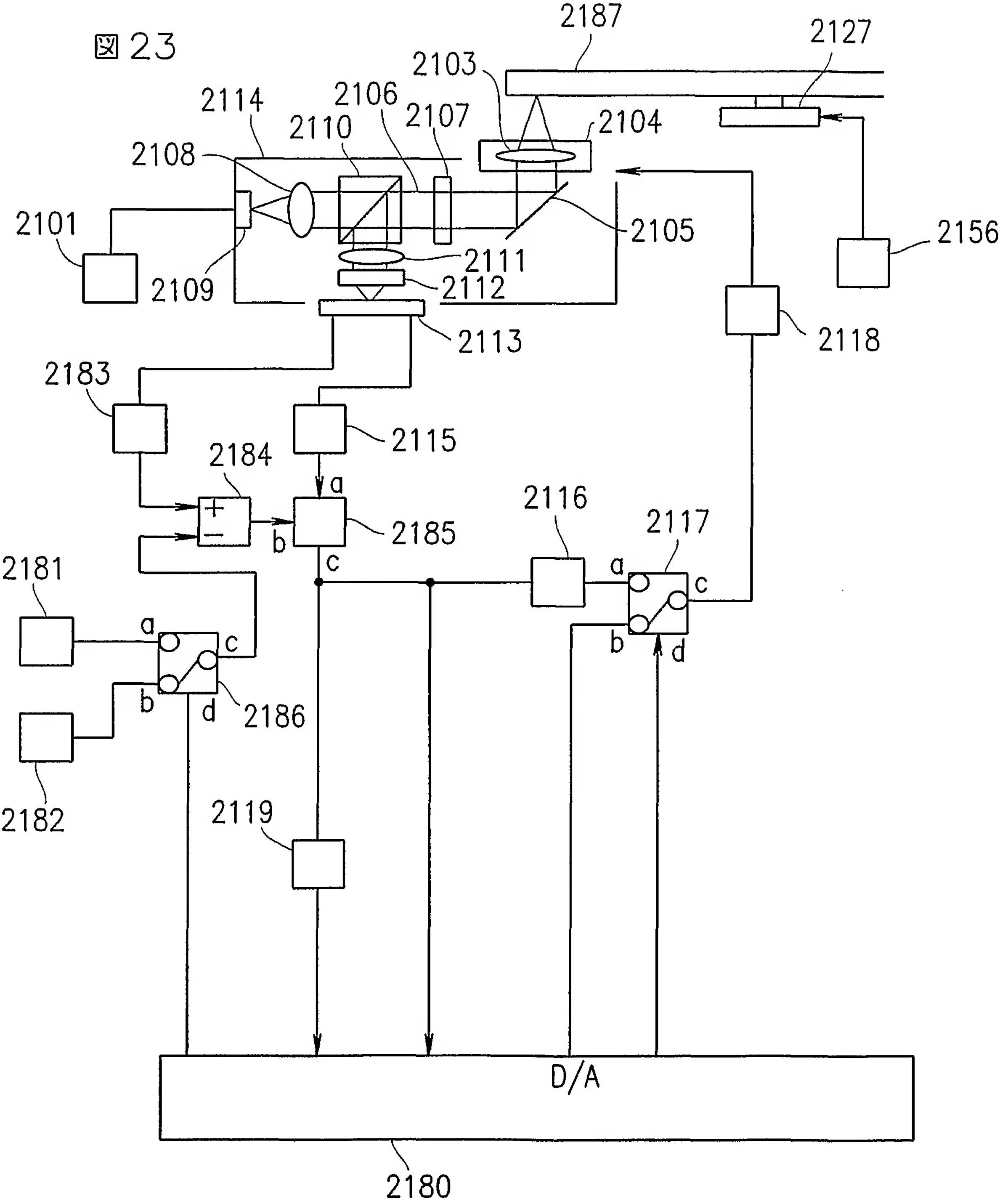
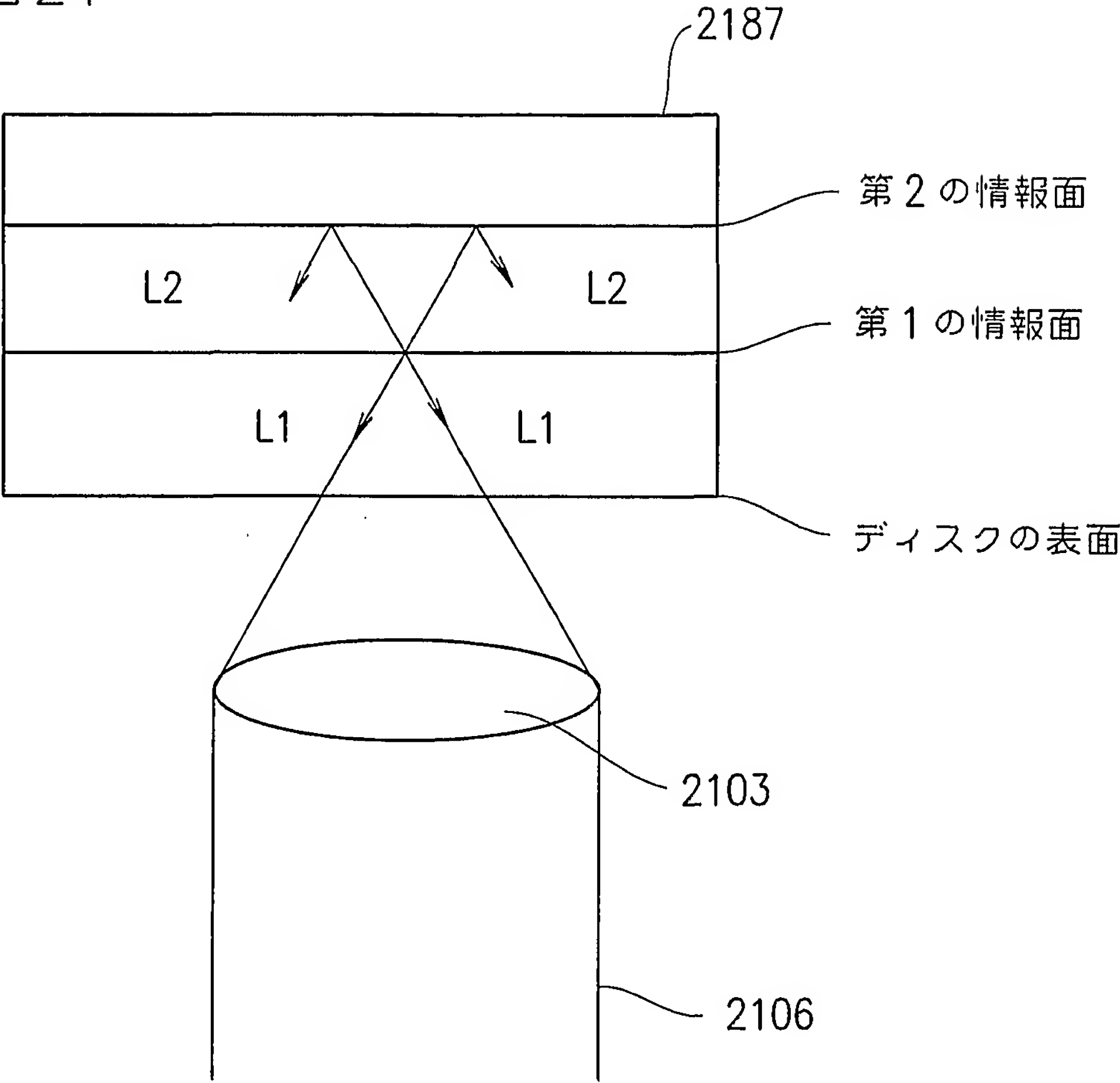
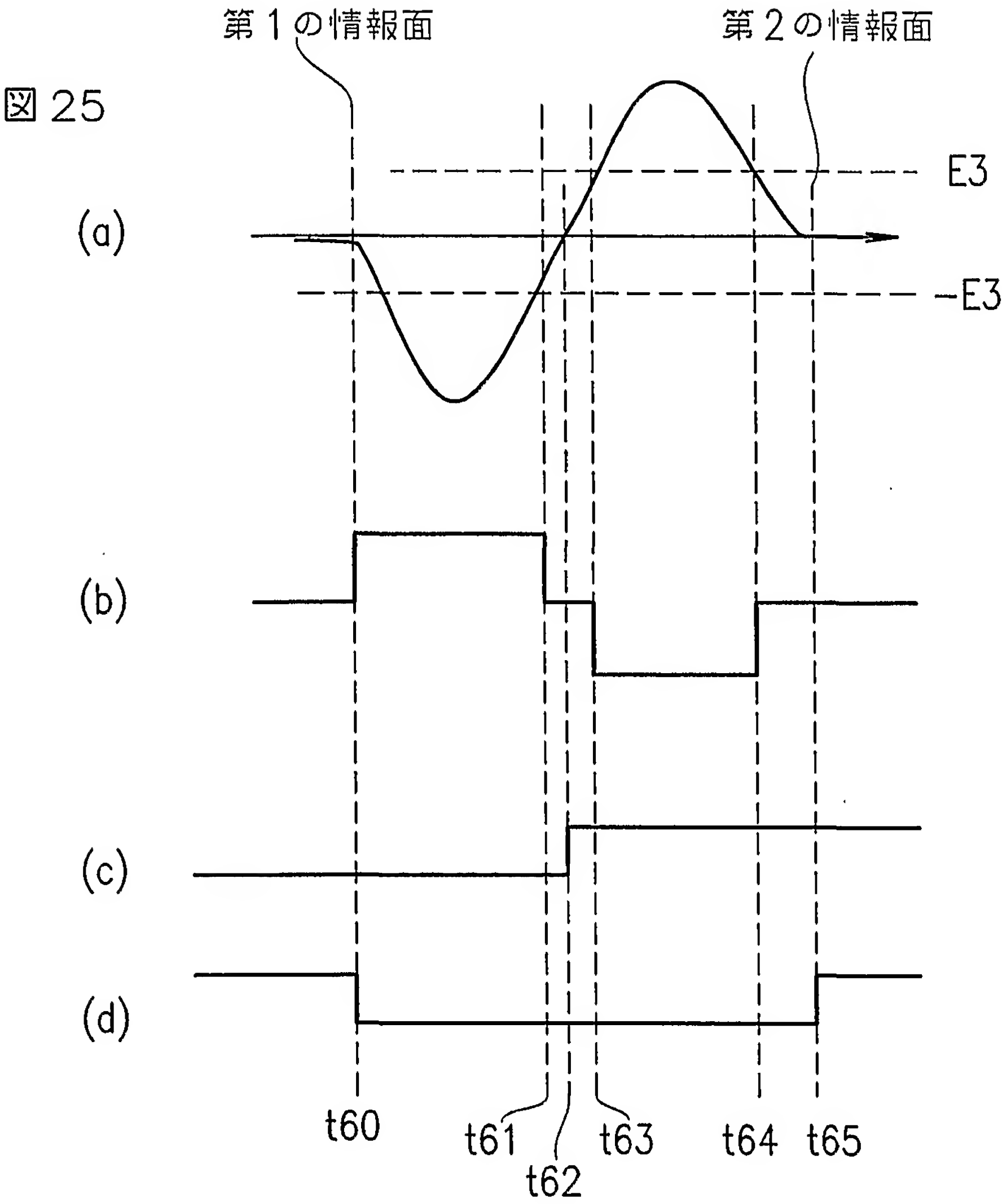
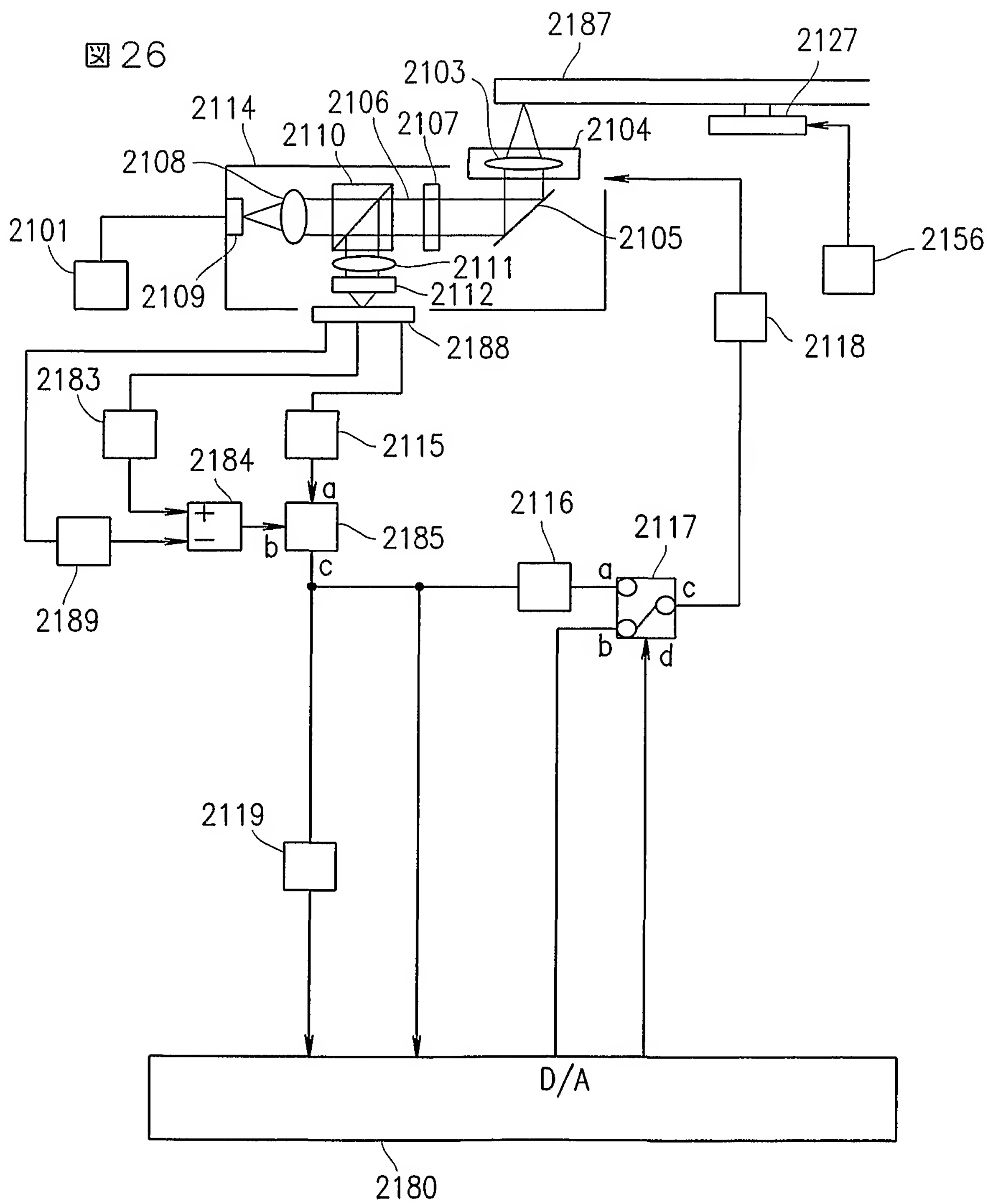




図 24

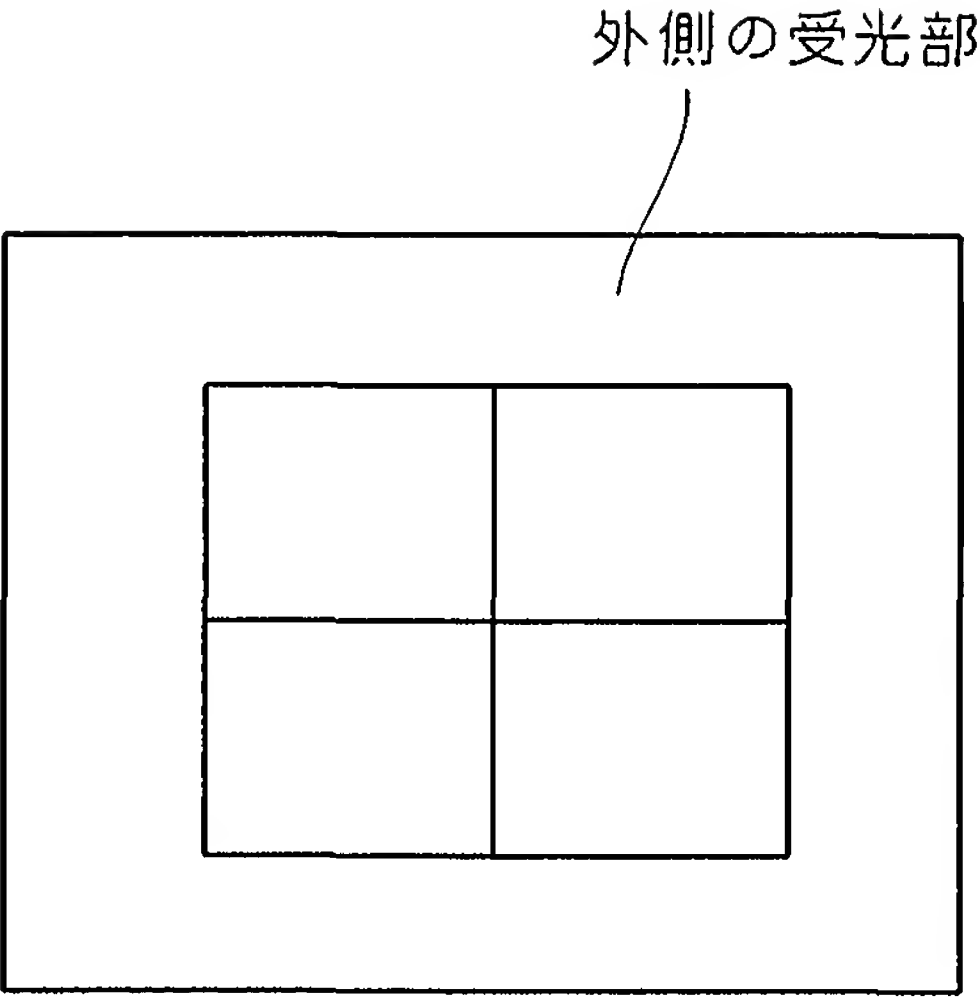






2008

図 27



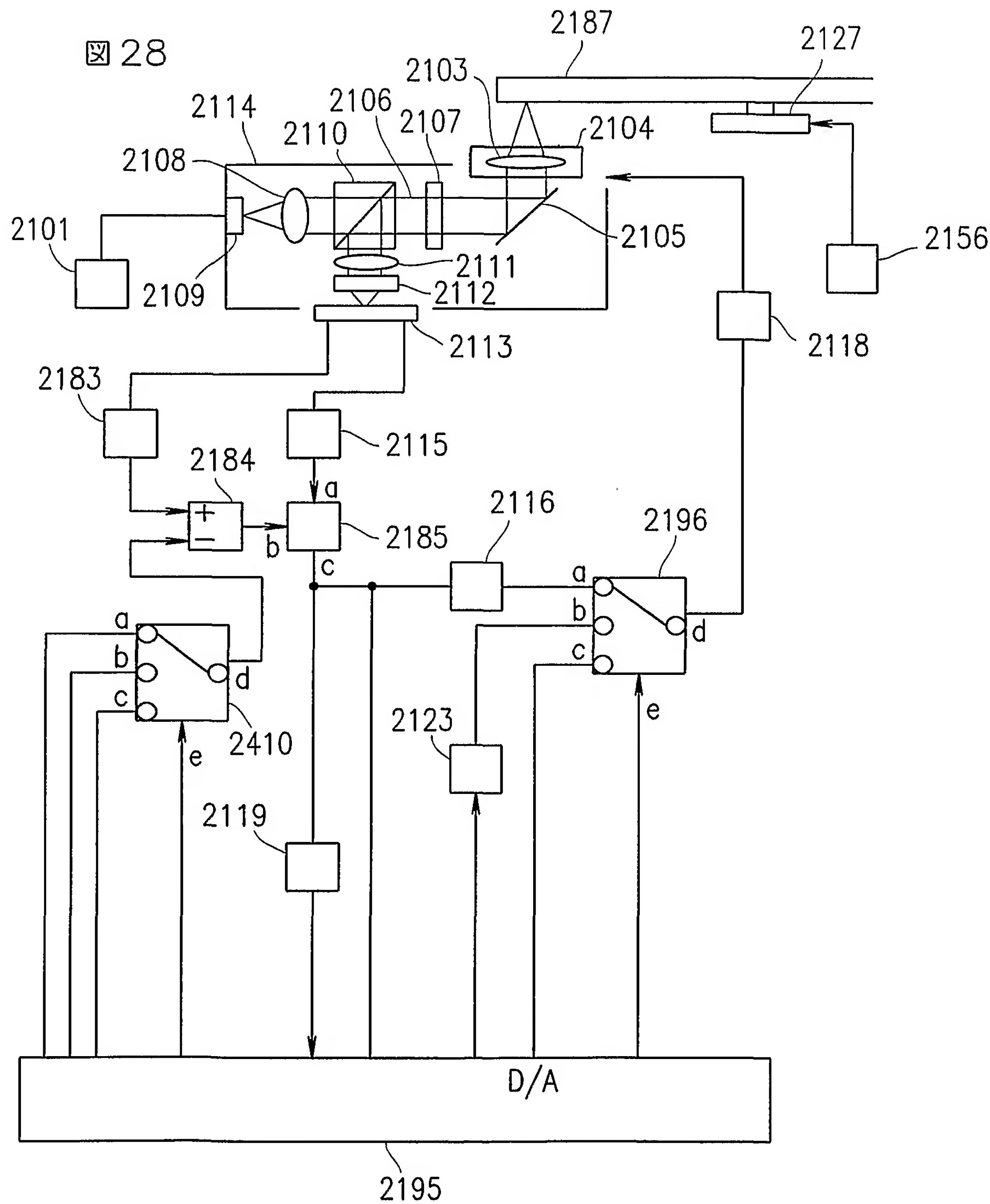
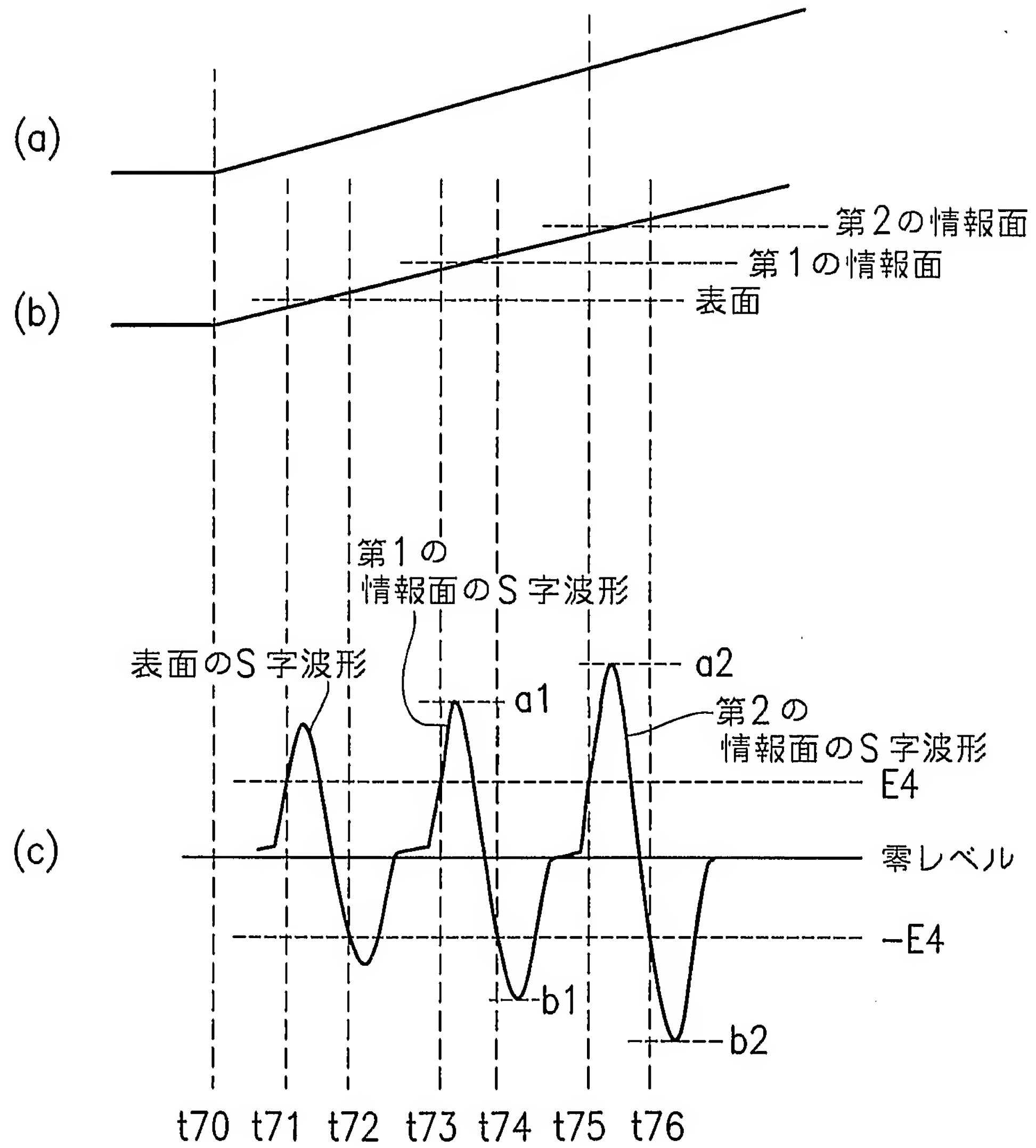




図 29



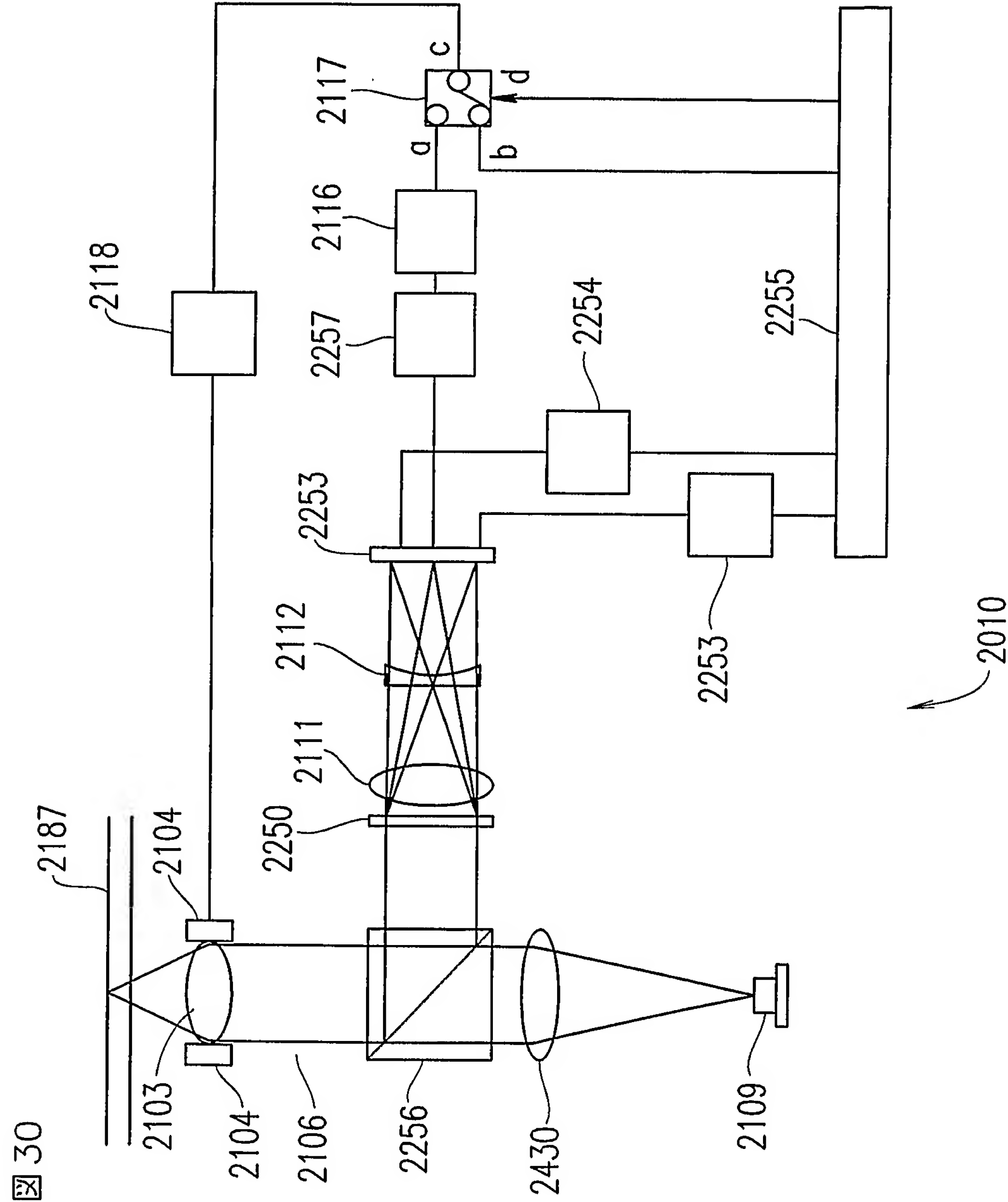


図 31

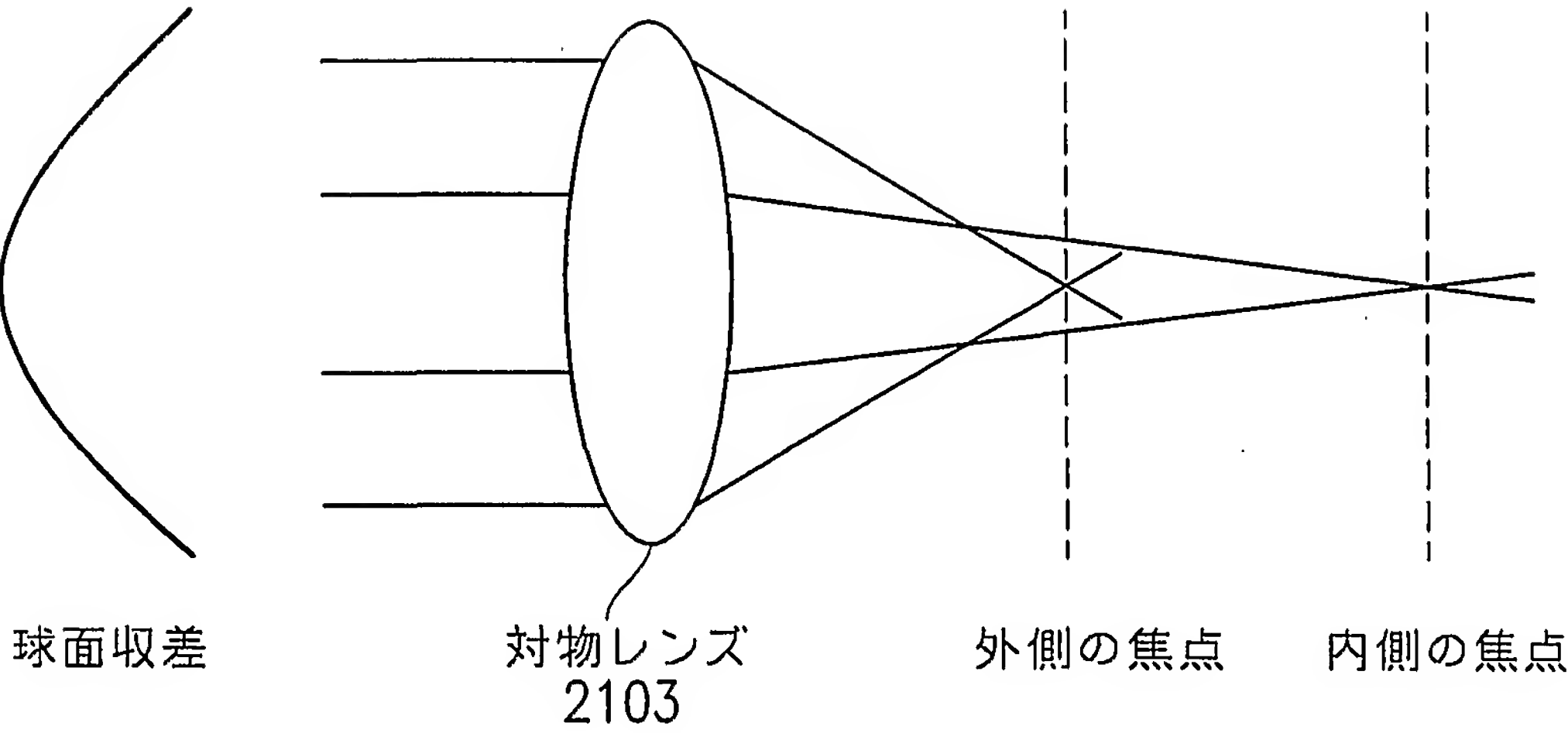


図 32

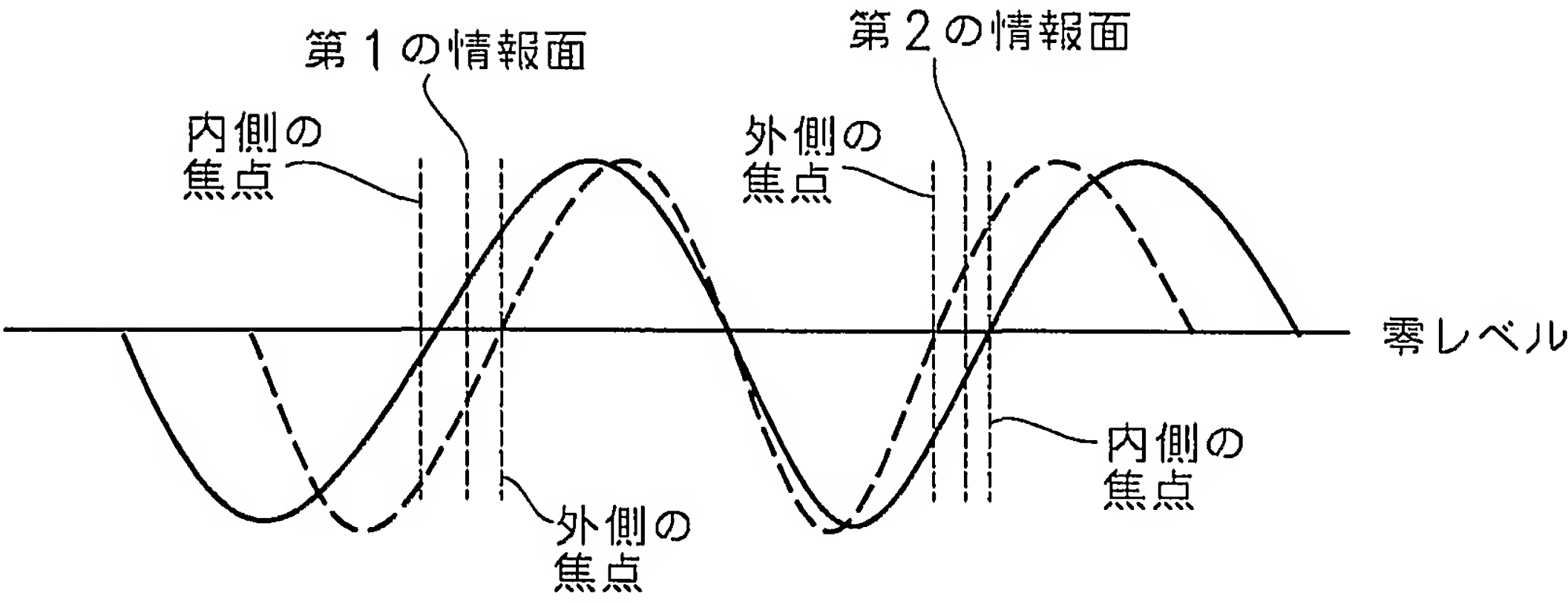
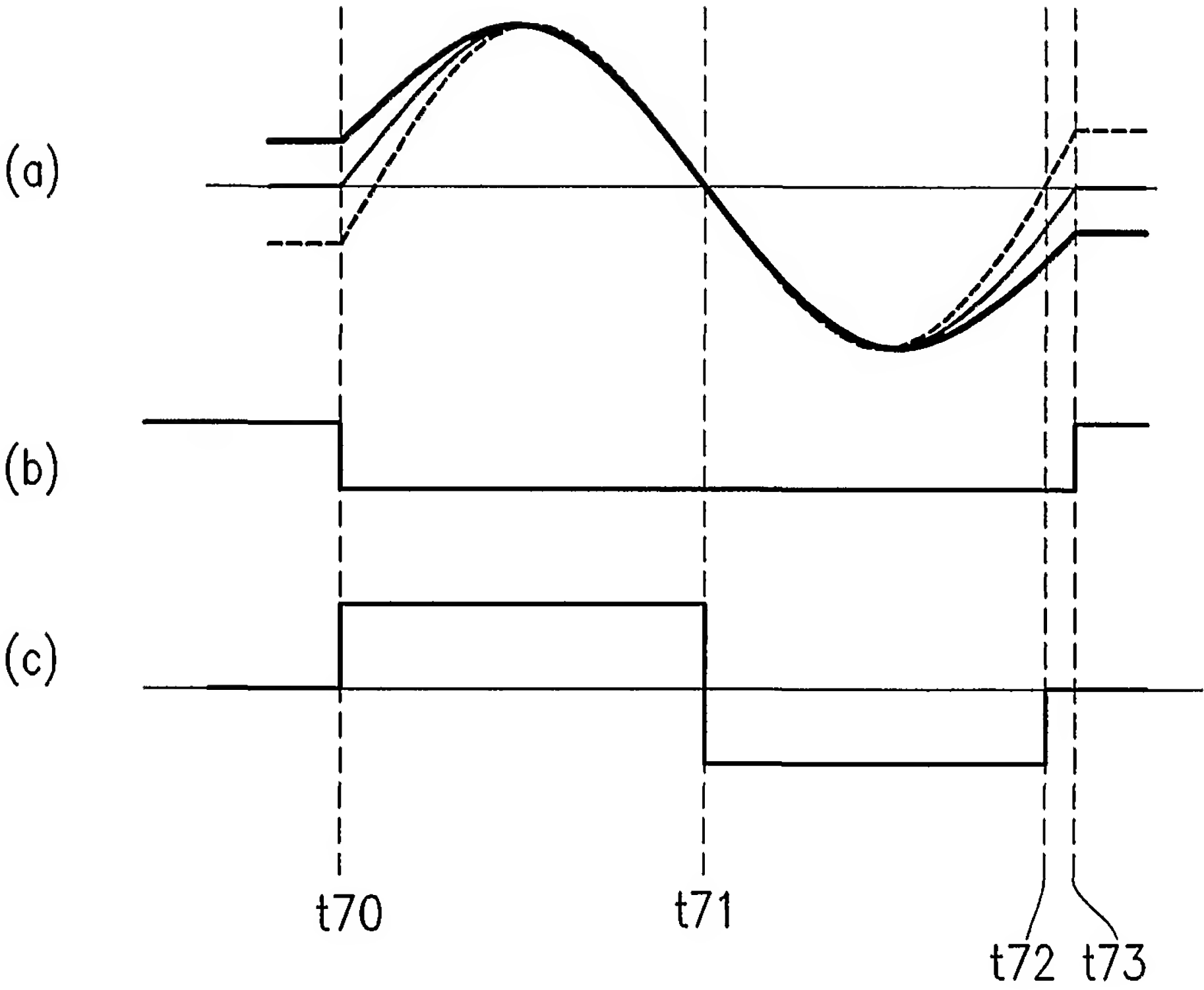


図 33



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01513

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/085, 7/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/085, 7/09, 7/095

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-339276 A (Sony Corp.), 10 December, 1999 (10.12.99), Full text; Figs. 1 to 4 Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 4 2-3, 14-16
X Y	JP 61-48134 A (NEC Corp.), 08 March, 1986 (08.03.86), Full text; Figs. 1 to 3 Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	5-6 7-11
Y	JP 1-260633 A (Tokyo Electric Co., Ltd.), 17 October, 1989 (17.10.89), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	7-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
14 May, 2002 (14.05.02)

Date of mailing of the international search report  
28 May, 2002 (28.05.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01513

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-4, 14-16 relate to moving a focal point after a focus control is performed on the surface of an one-end protection layer.

Claims 5-11 relate to allowing an optical disk to approach while the focal point of a light beam is being moved in a track traversing direction.

Claims 12-13 relate to reversing the moving direction of the focal point of a light beam after the focal point passes an information surface.

Claims 17-23 relate to normalizing a focus error signal.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01513

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 1-204229 A (Alpine Electronics, Inc.), 16 August, 1989 (16.08.89), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	9, 11
Y	JP 6-290467 A (Ricoh Co., Ltd.), 18 October, 1994 (18.10.94), Full text; Figs. 1 to 12 (Family: none)	10-11
A	JP 1-176330 A (Matsushita Communication Industrial Co., Ltd.), 12 July, 1989 (12.07.89), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	12-13
A	JP 6-103584 A (NEC Corp.), 15 April, 1994 (15.04.95), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	12-13
A	JP 7-78353 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 March, 1995 (20.03.95), Full text; Figs. 1 to 19 & US 5563873 A1 & US 5627816 A1 & US 5768251 A1	17-23
A	JP 8-185635 A (Sony Corp.), 16 July, 1996 (16.07.96), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	17-23

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/085 , 7/09

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/085 , 7/09 , 7/095

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 11-339276 A (ソニー株式会社) 1999. 12. 10 全文, 図1-4	1, 4
A	全文, 図1-4 (ファミリーなし)	2-3, 14-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 05. 02

国際調査報告の発送日

28.05.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

五貫 昭一



5D

9368

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

## 第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

## 第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲 1-4、14-16 は、一端保護層の表面でフォーカス制御を実行した後、焦点を移動させるものである。

請求の範囲 5-11 は、光ビームの焦点をトラックを横断する方向に移動させながら光ディスクに近づけるものである。

請求の範囲 12-13 は、光ビームの焦点が情報面を通過した後にその移動方向を反転させるものである。

請求の範囲 17-23 は、フォーカスエラー信号を正規化するものである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 61-48134 A (日本電気株式会社) 1986. 03. 08 全文, 第1-3図	5-6
Y	全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	7-11
Y	J P 1-260633 A (東京電気株式会社) 1989. 10. 17 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	7-8
Y	J P 1-204229 A (アルパイン株式会社) 1989. 08. 16 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	9, 11
Y	J P 6-290467 A (株式会社リコー) 1994. 10. 18 全文, 図1-12 (ファミリーなし)	10-11
A	J P 1-176330 A (松下通信工業株式会社) 1989. 07. 12 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	12-13
A	J P 6-103584 A (日本電気株式会社) 1994. 04. 15 全文, 図1-2 (ファミリーなし)	12-13
A	J P 7-78353 A (松下電器産業株式会社) 1995. 03. 20 全文, 図1-19 & US 5563873 A1 & US 5627816 A1 & US 5768251 A1	17-23

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-185635 A (ソニー株式会社) 1996. 07. 16 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	17-23



US 20040076090A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**  
Ishibashi et al.(10) **Pub. No.: US 2004/0076090 A1**(43) **Pub. Date: Apr. 22, 2004**(54) **OPTICAL DISC UNIT**(30) **Foreign Application Priority Data**

Feb. 22, 2001 (JP) ..... 2001-046057

Apr. 26, 2001 (JP) ..... 2001-128872

(76) Inventors: **Hiromichi Ishibashi**, Osaka (JP);  
**Katsuya Watanabe**, Osaka (JP); **Kenji**  
**Fujiune**, Osaka (JP); **Shinichi Yamada**,  
Osaka (JP); **Yuuichi Kuze**, Osaka (JP)**Publication Classification**(51) **Int. Cl.<sup>7</sup>** ..... **G11B 7/095**(52) **U.S. Cl.** ..... **369/44.29**(57) **ABSTRACT**

An optical disc unit **2001** comprises: reflective surface detection means **1010** for detecting a reflective surface; focus control means (**1202, 1003, 1009, 1008, 1003, 1012, 1005** and **1204**) for performing focus control to a reflective surface so that the distance between the focal point of an optical beam applied to an optical disc **2100** and the reflective surface is within a predetermined error limit; shift means **1007** for shifting the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; and control means **1006** for controlling the focus control means and the shift means.

Correspondence Address:  
**Neil A DuChes**  
**Renner Otto Boisselle & Sklar**  
**19th Floor**  
**1621 Euclid Avenue**  
**Cleveland, OH 44115 (US)**

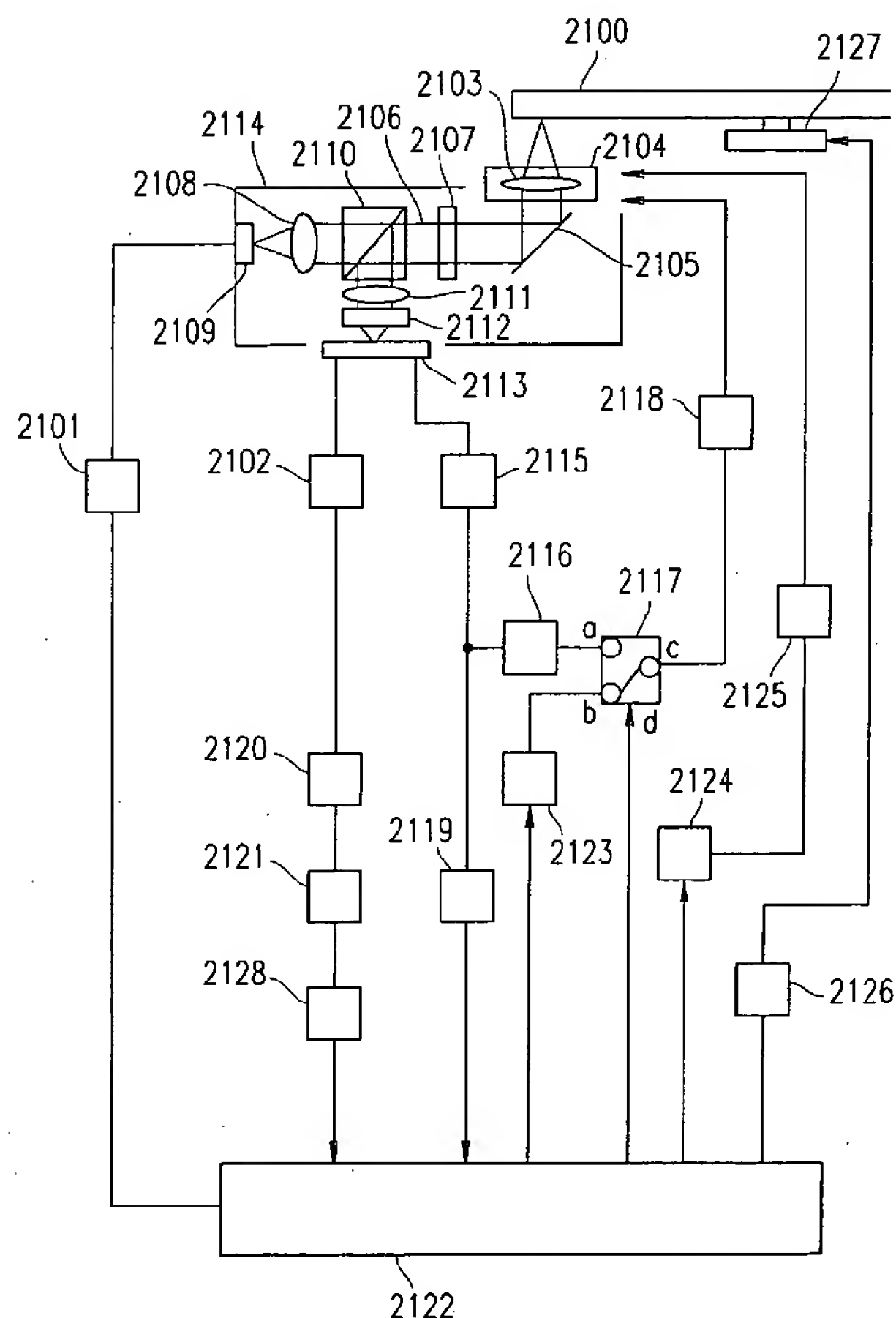
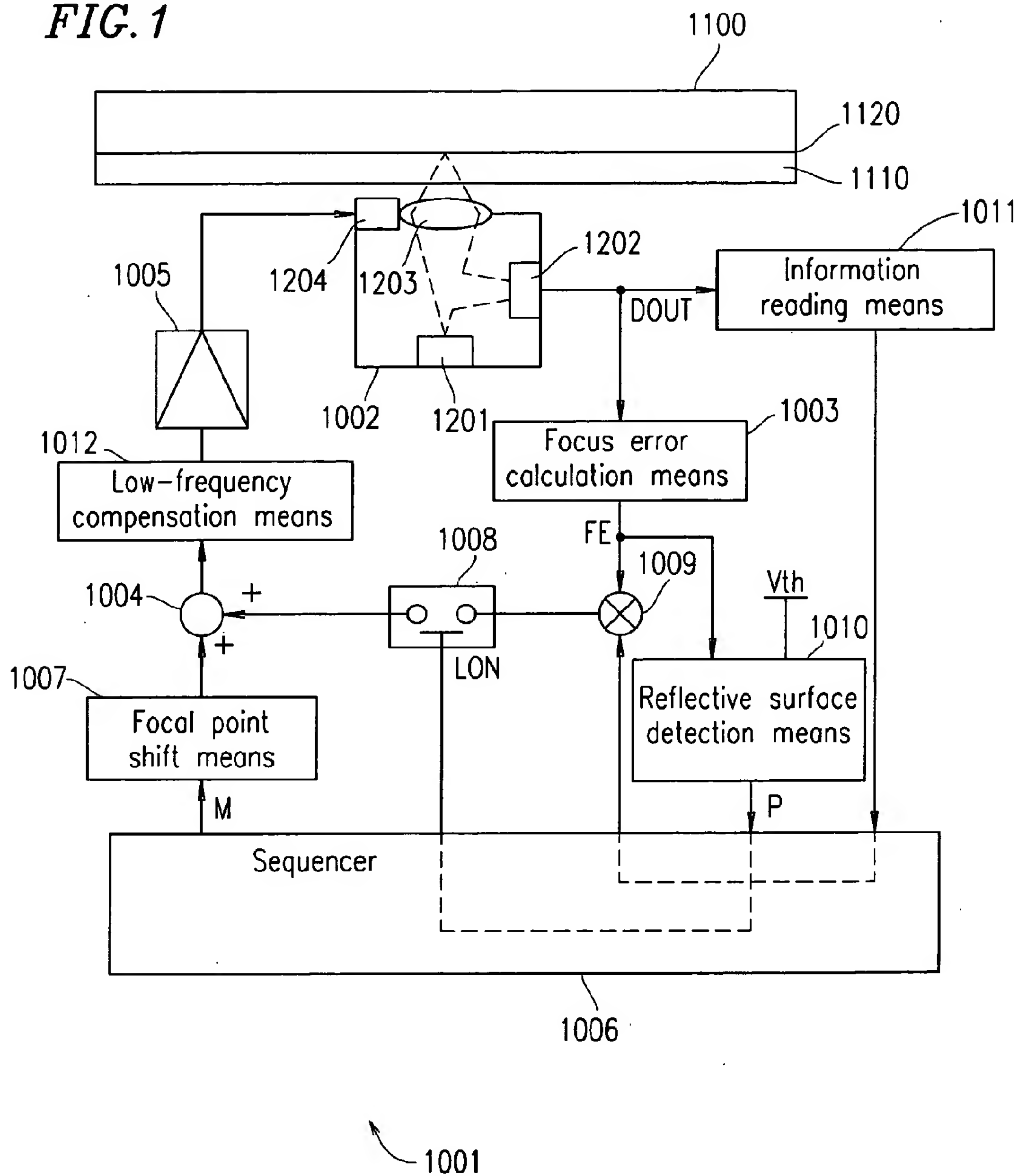
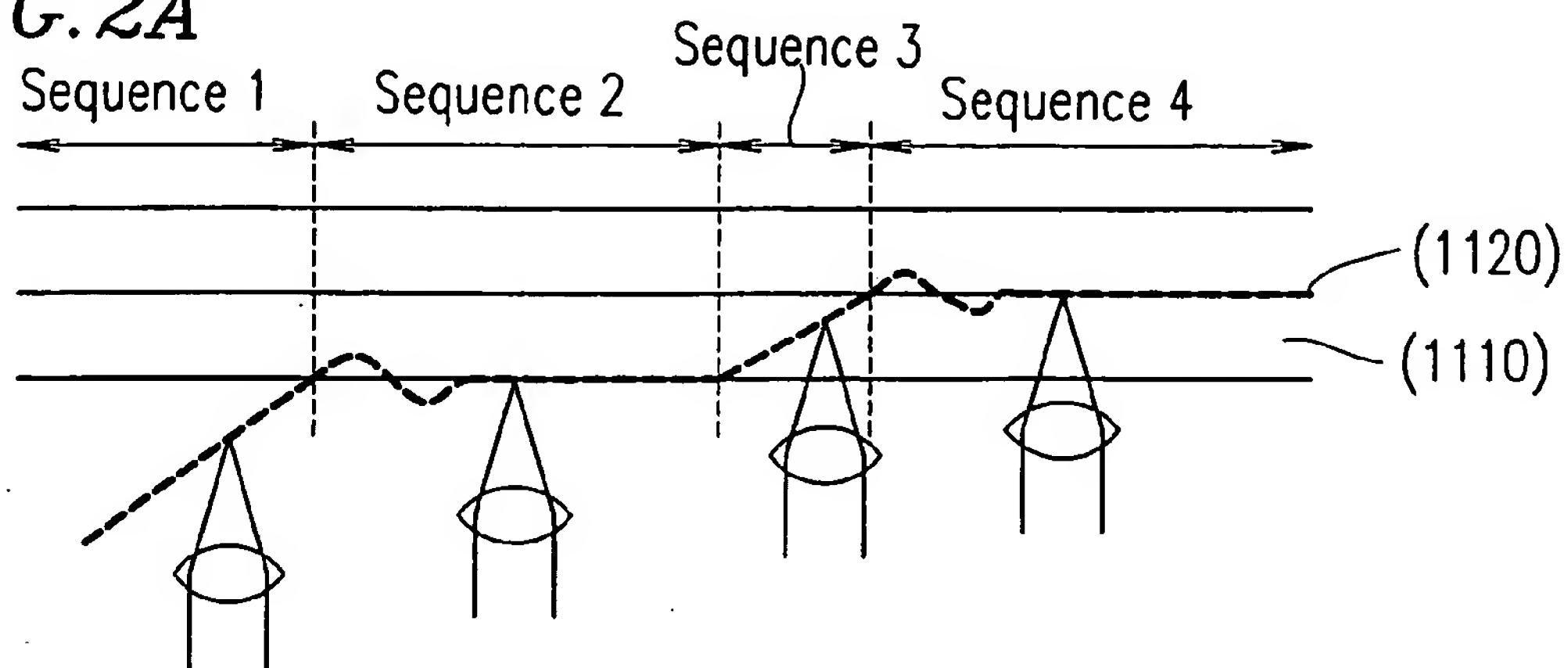
(21) Appl. No.: **10/468,270**(22) PCT Filed: **Feb. 20, 2002**(86) PCT No.: **PCT/JP02/01513**

FIG. 1

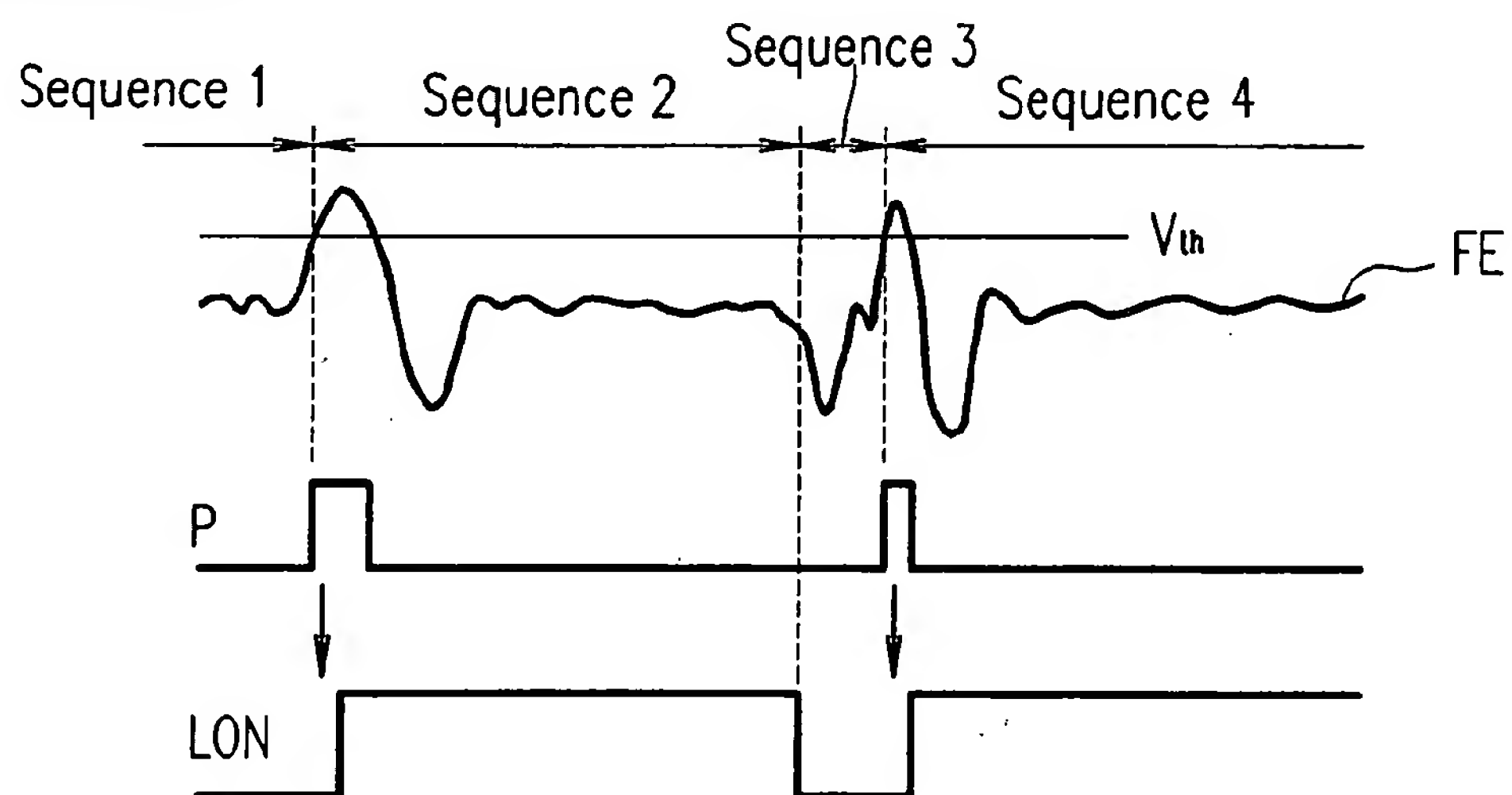




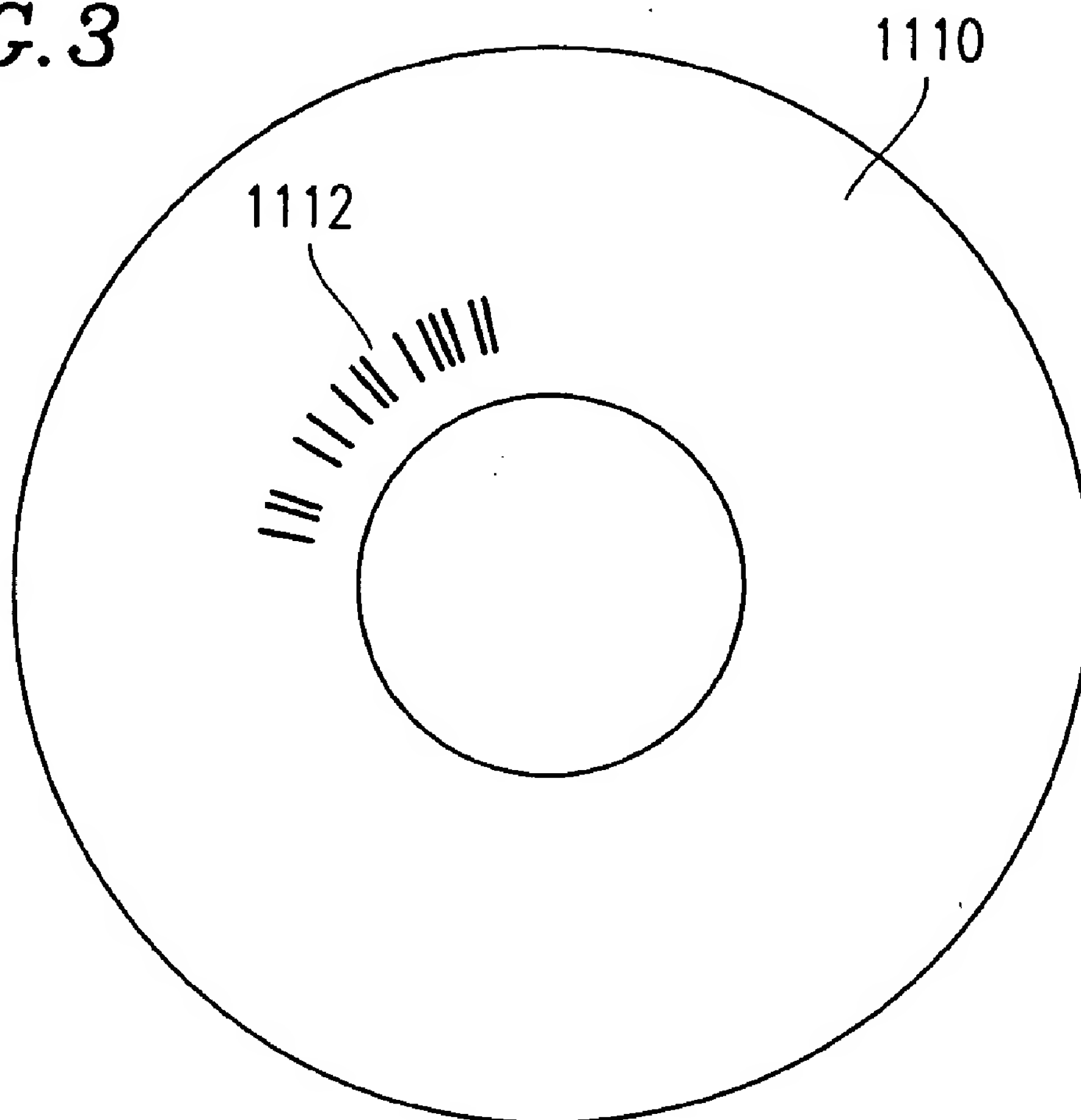
**FIG. 2A**



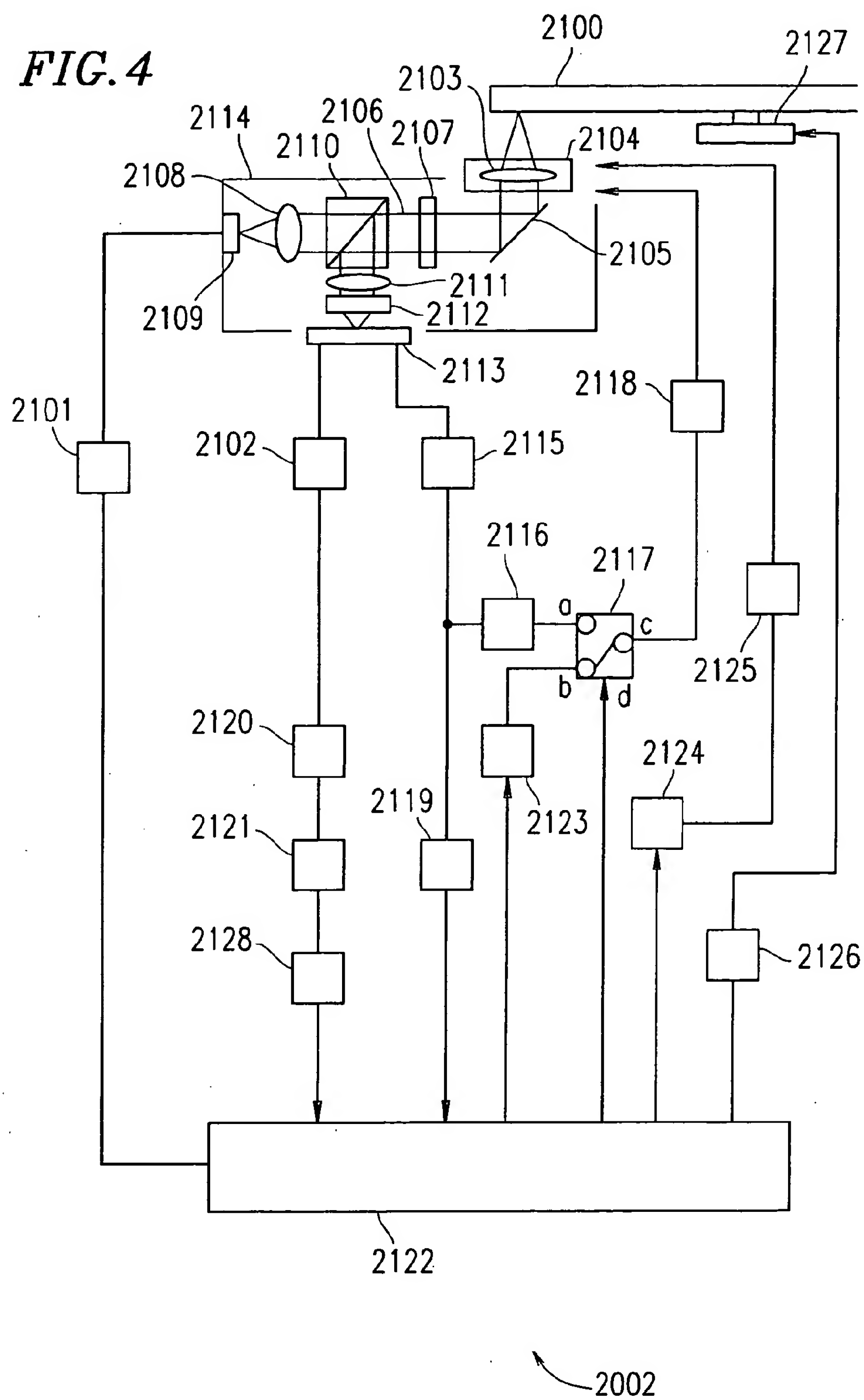
**FIG. 2B**



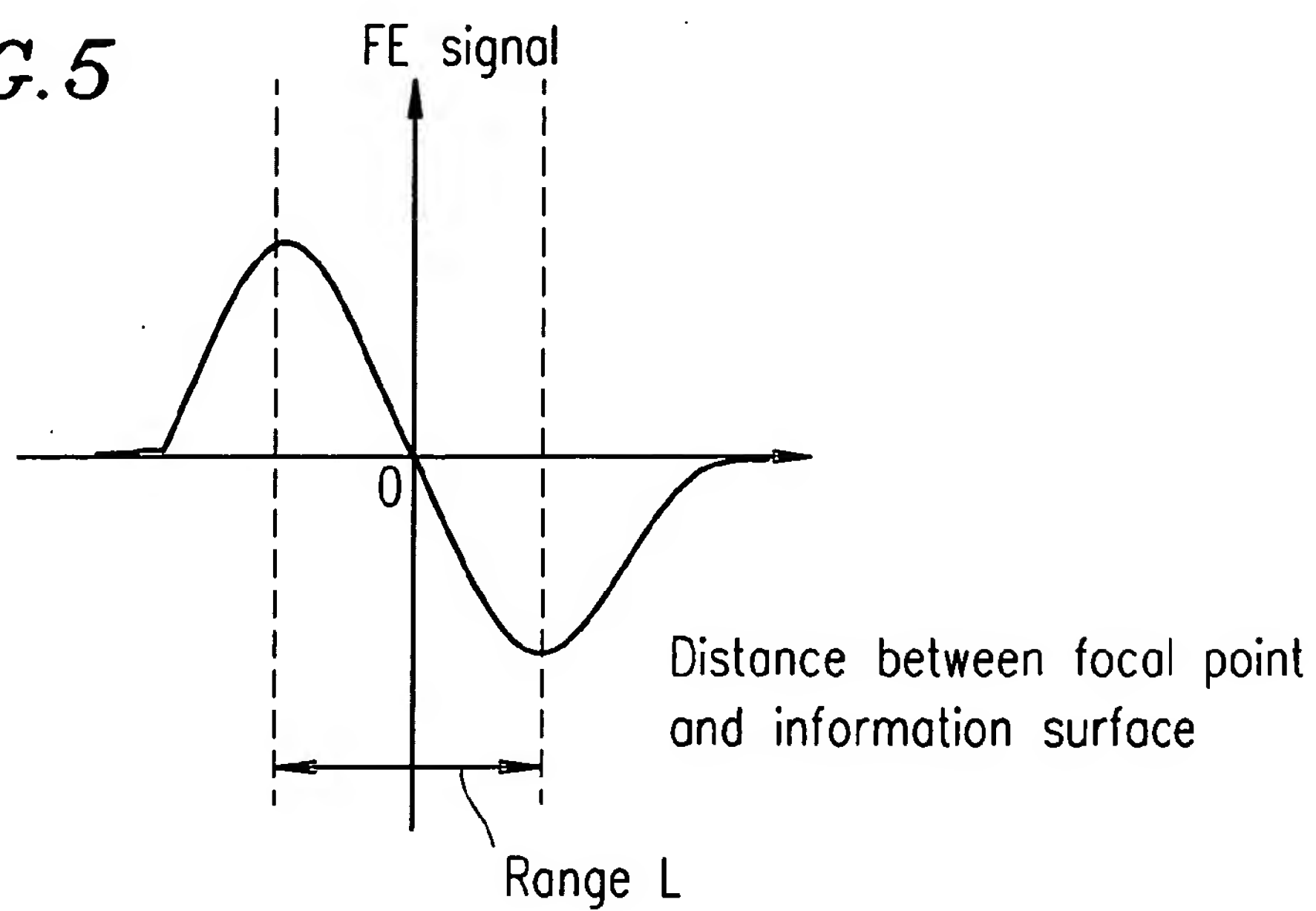
**FIG. 3**



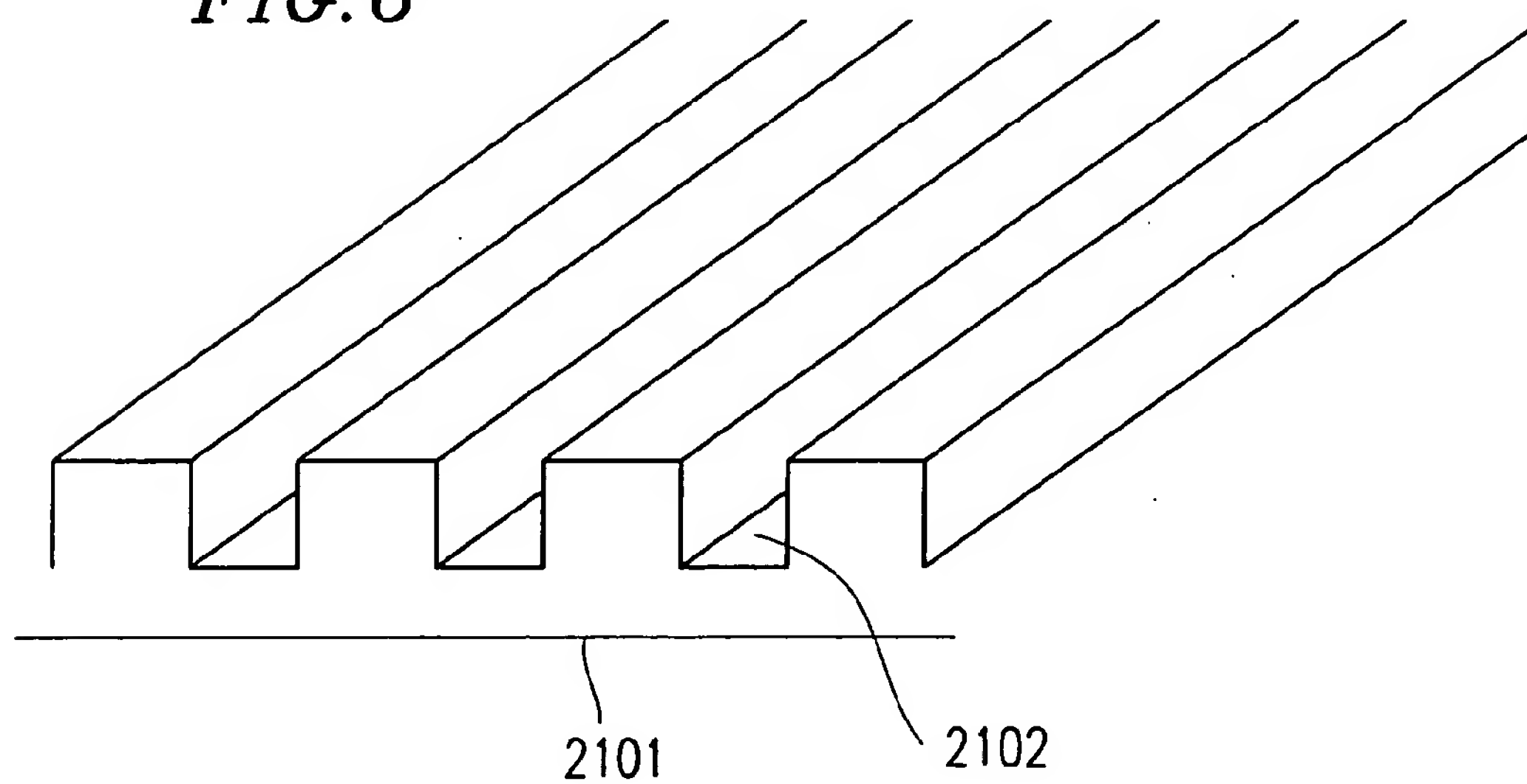
*FIG. 4*



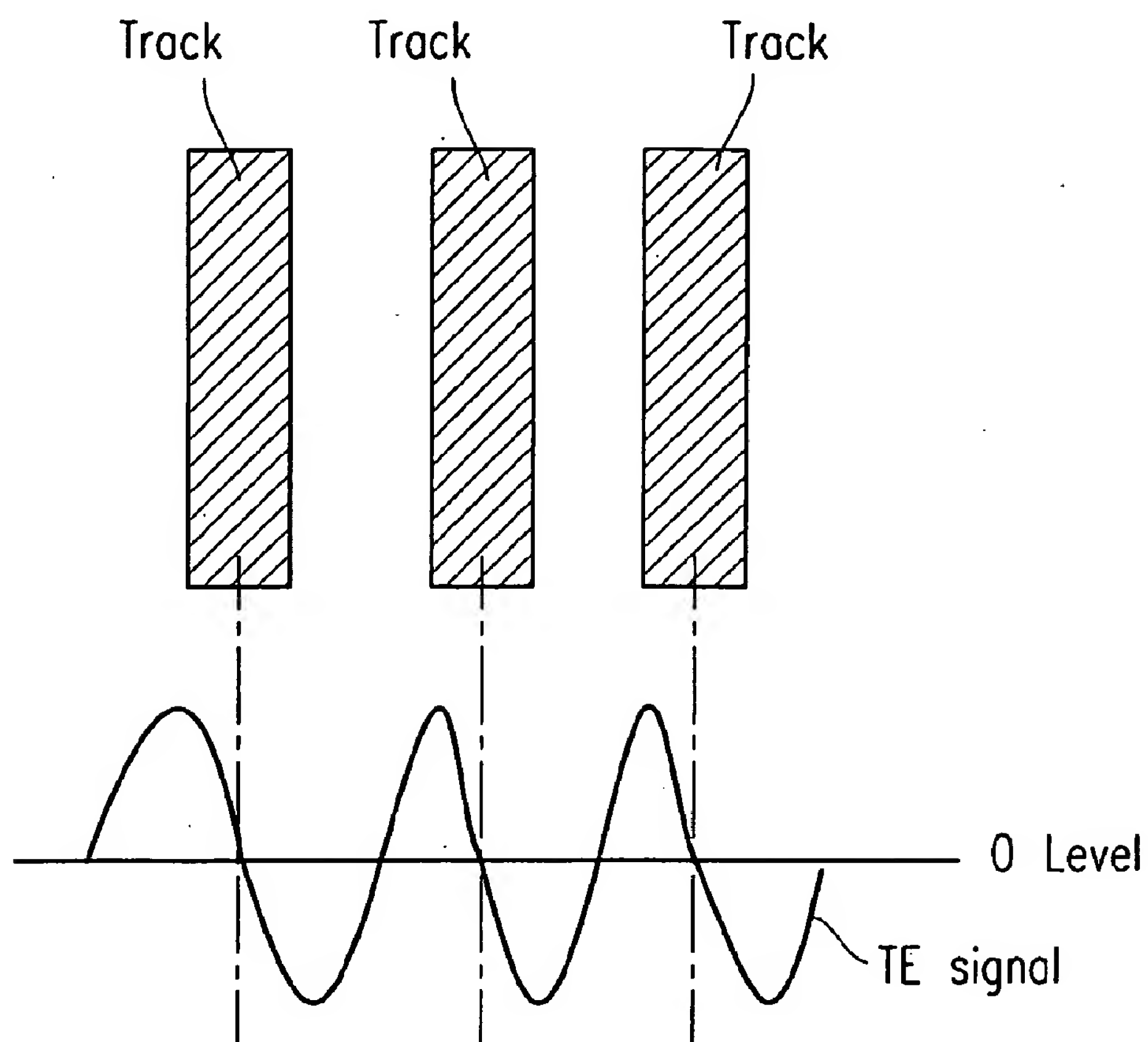
**FIG. 5**



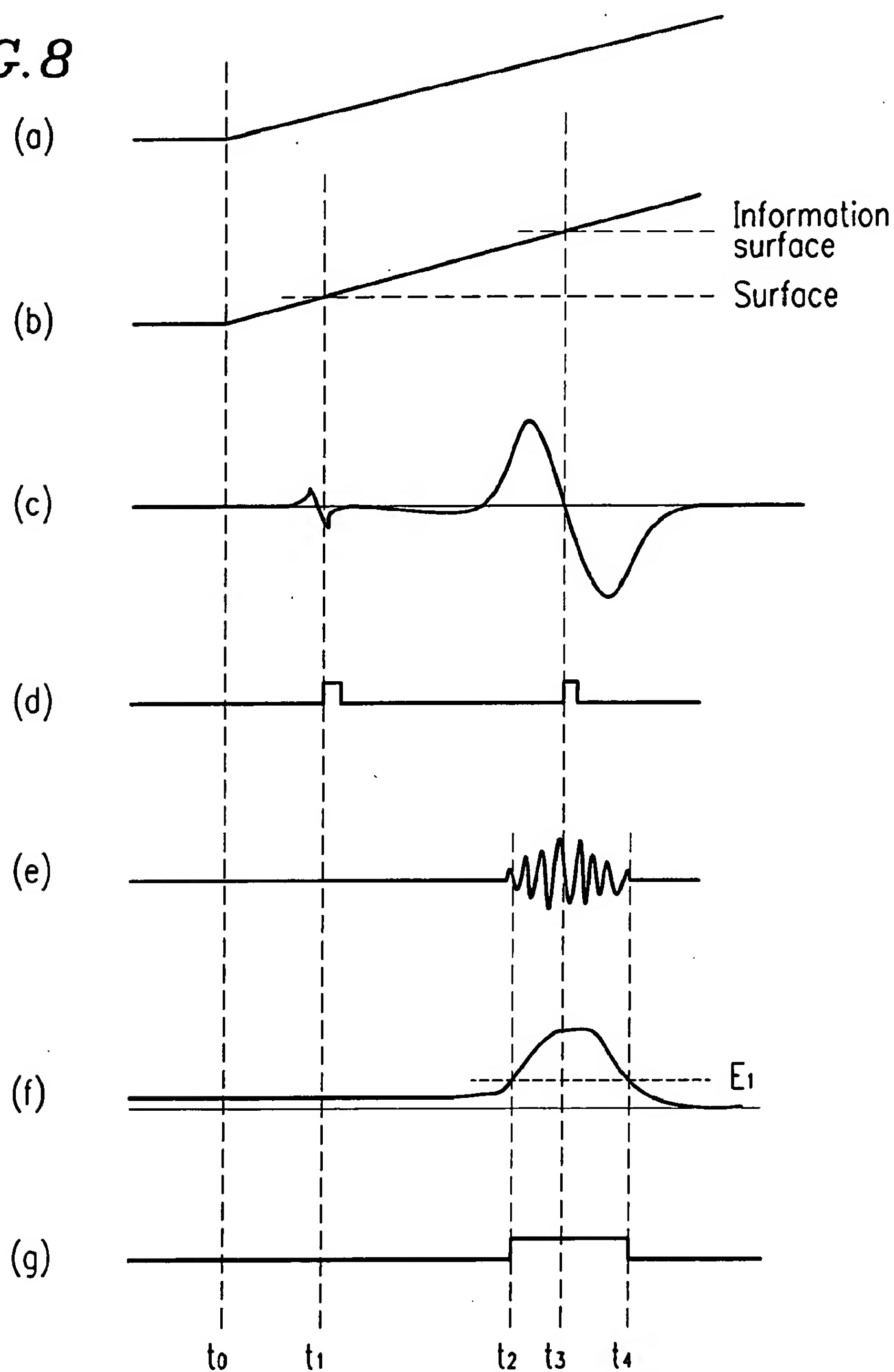
**FIG. 6**



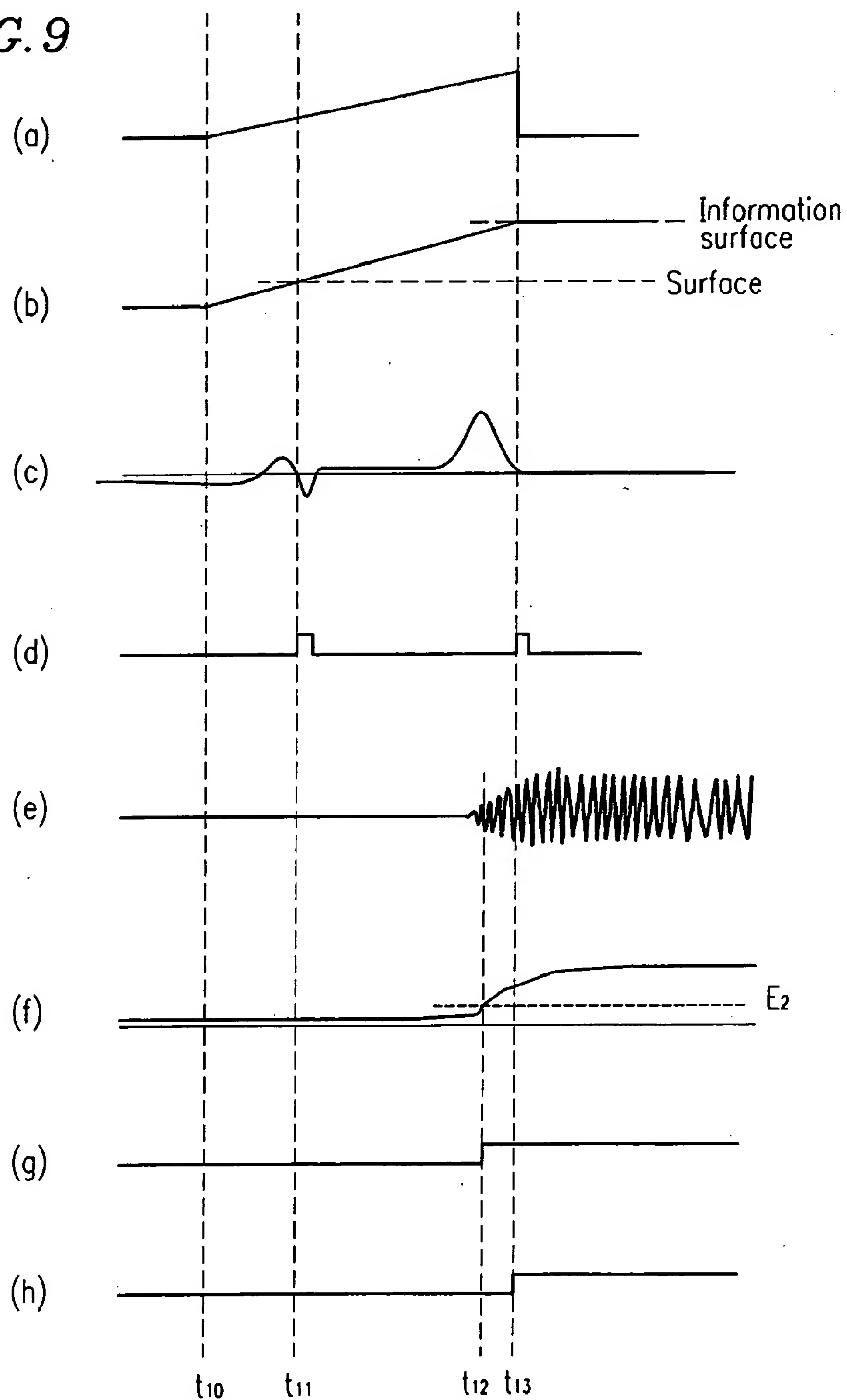
**FIG. 7**



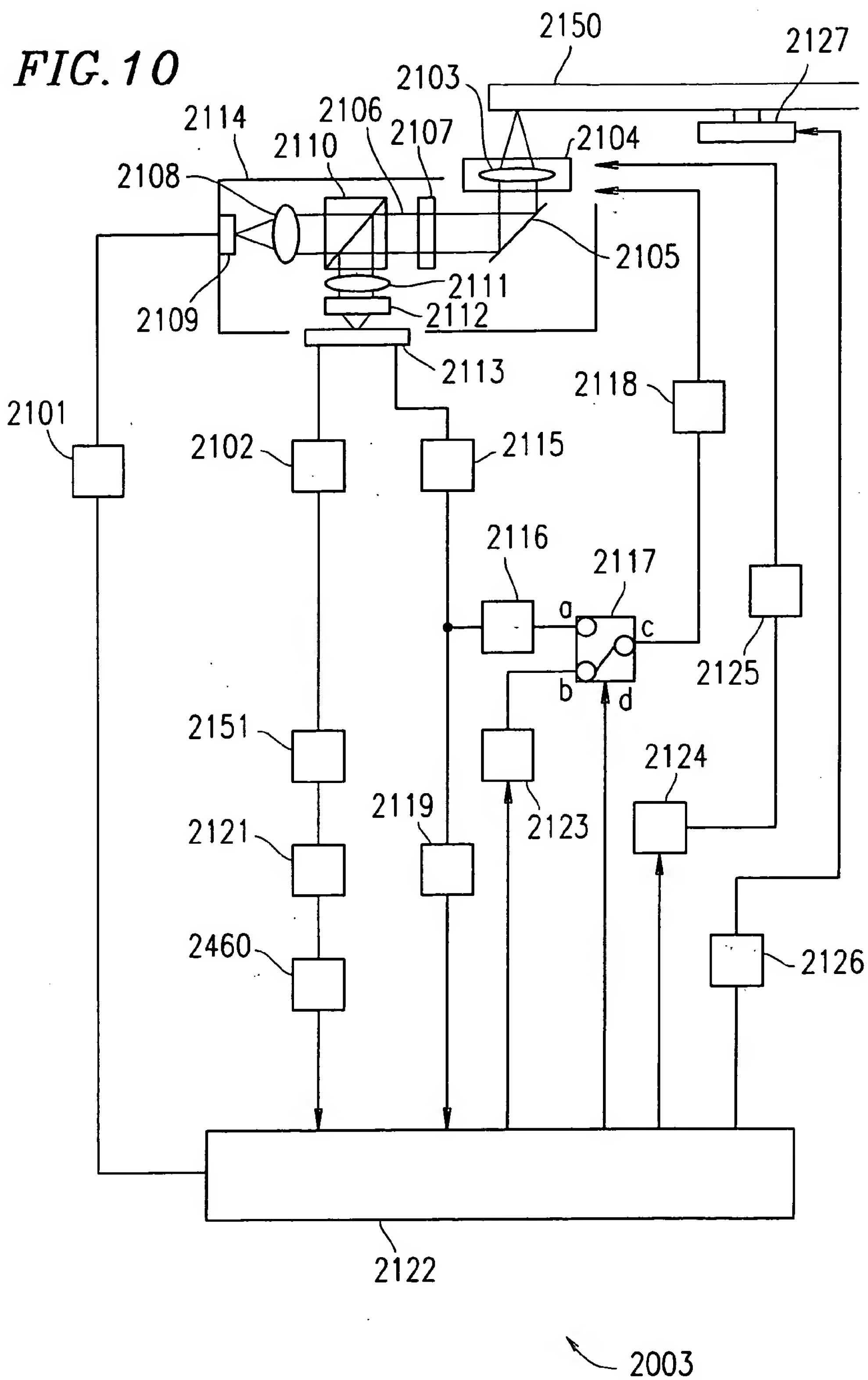
**FIG. 8**



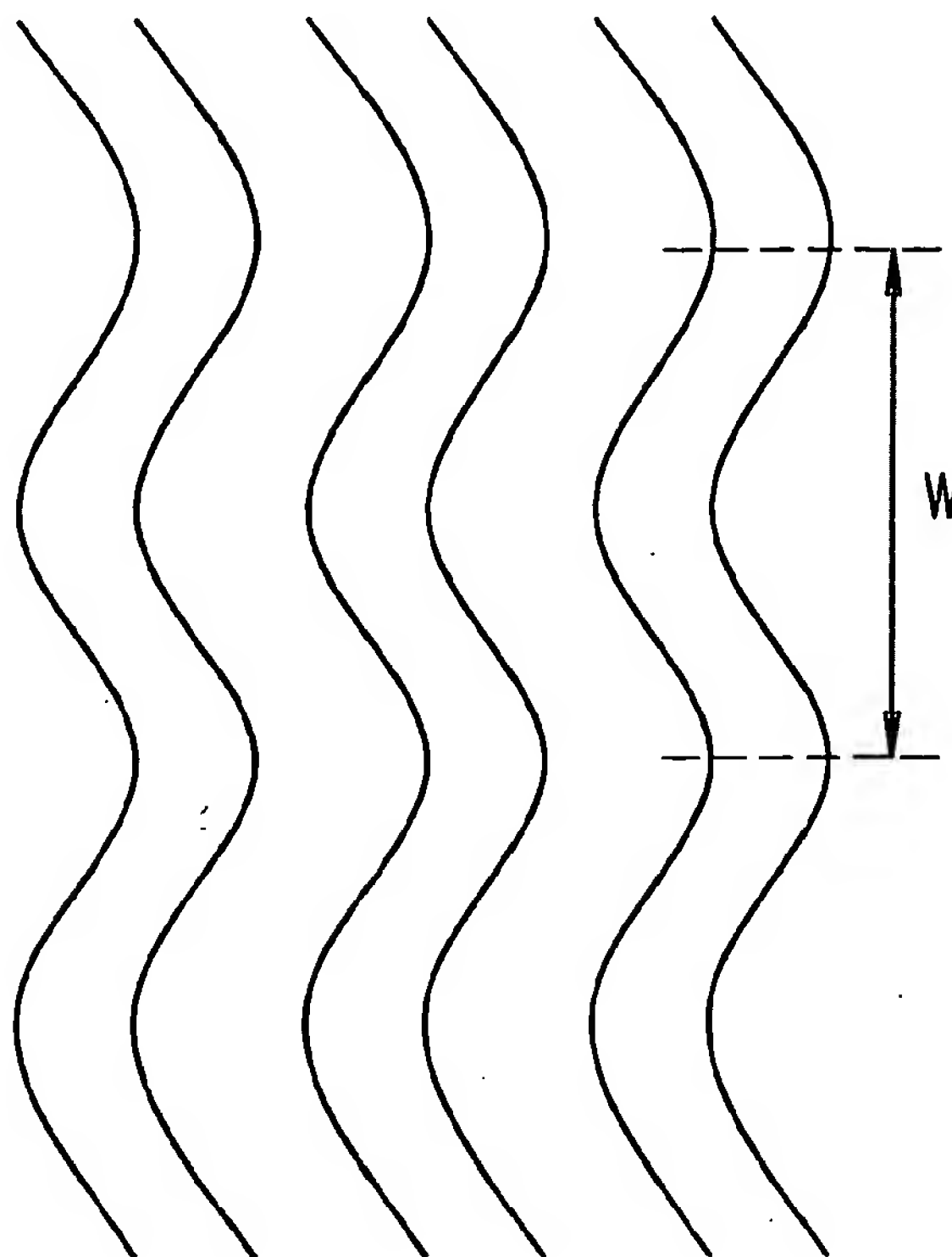
**FIG. 9**



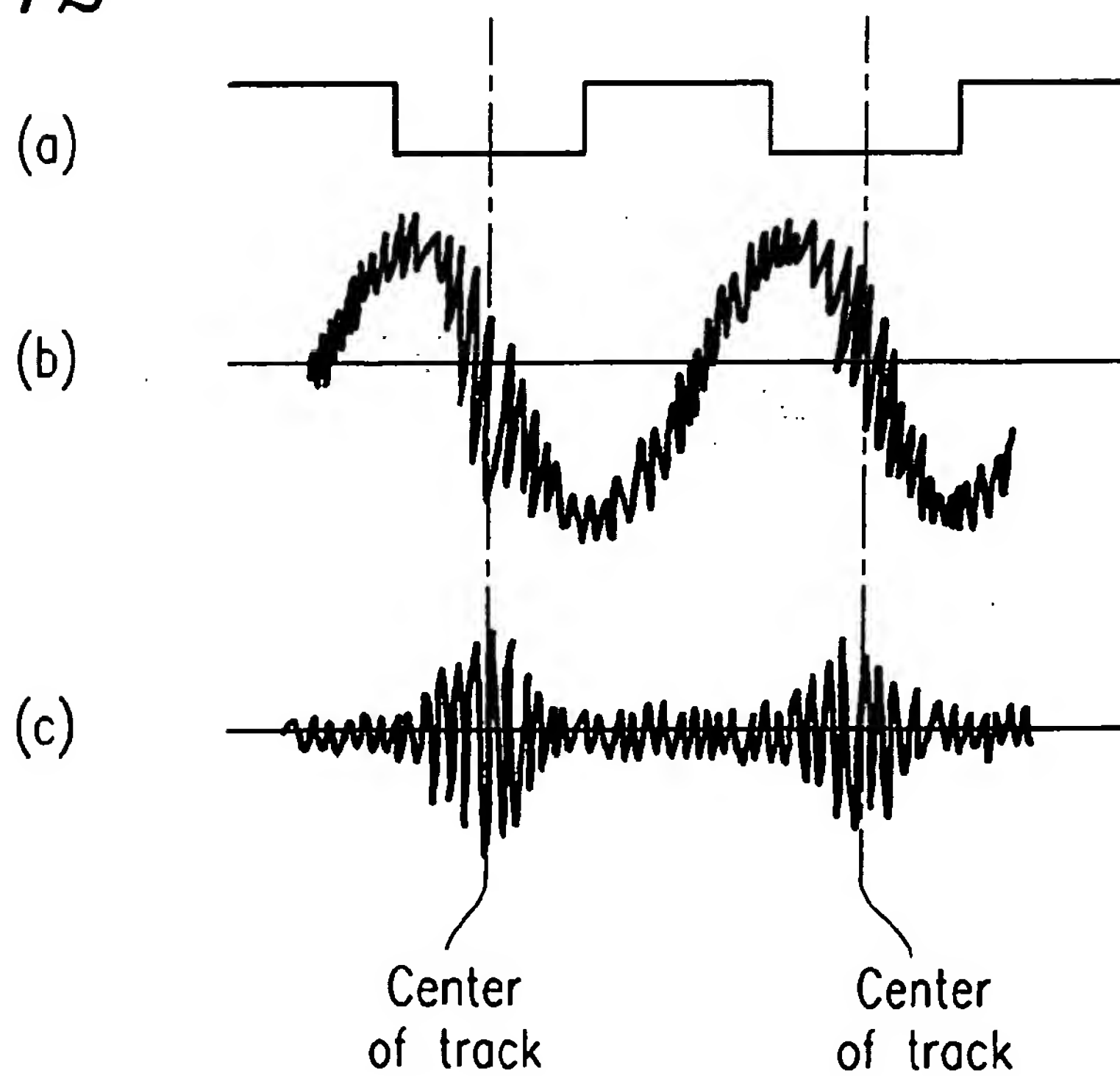




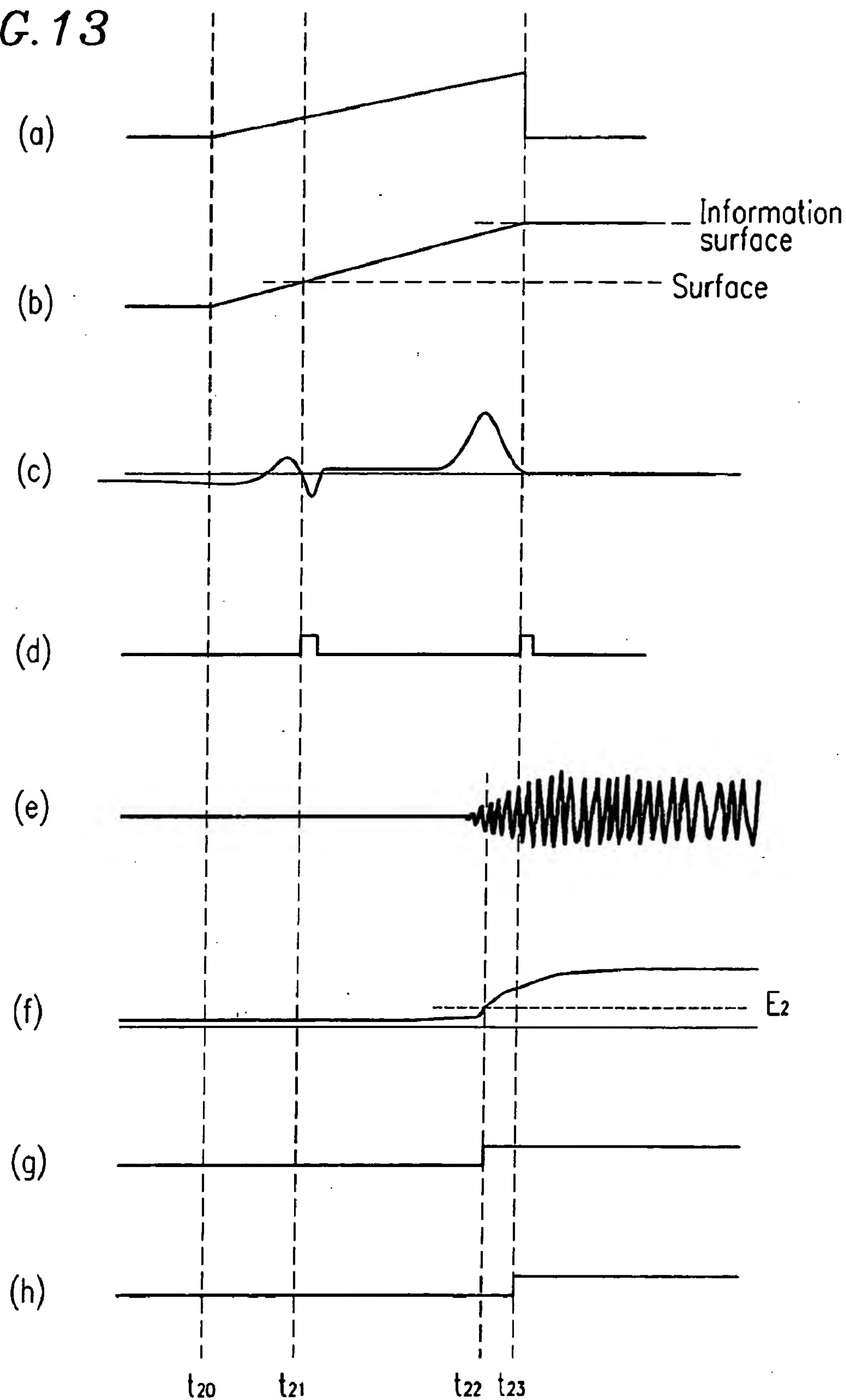
*FIG. 11*



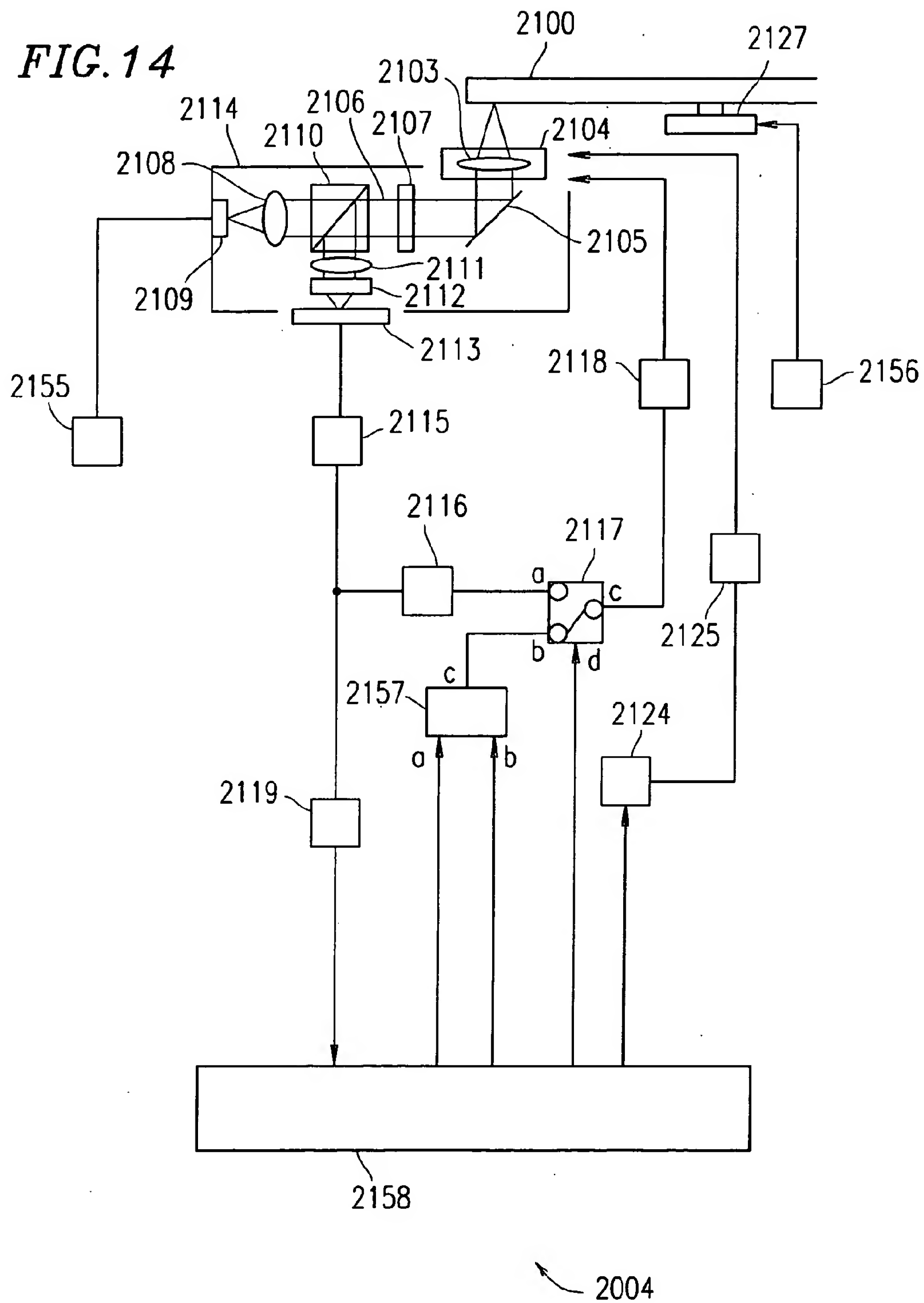
*FIG. 12*



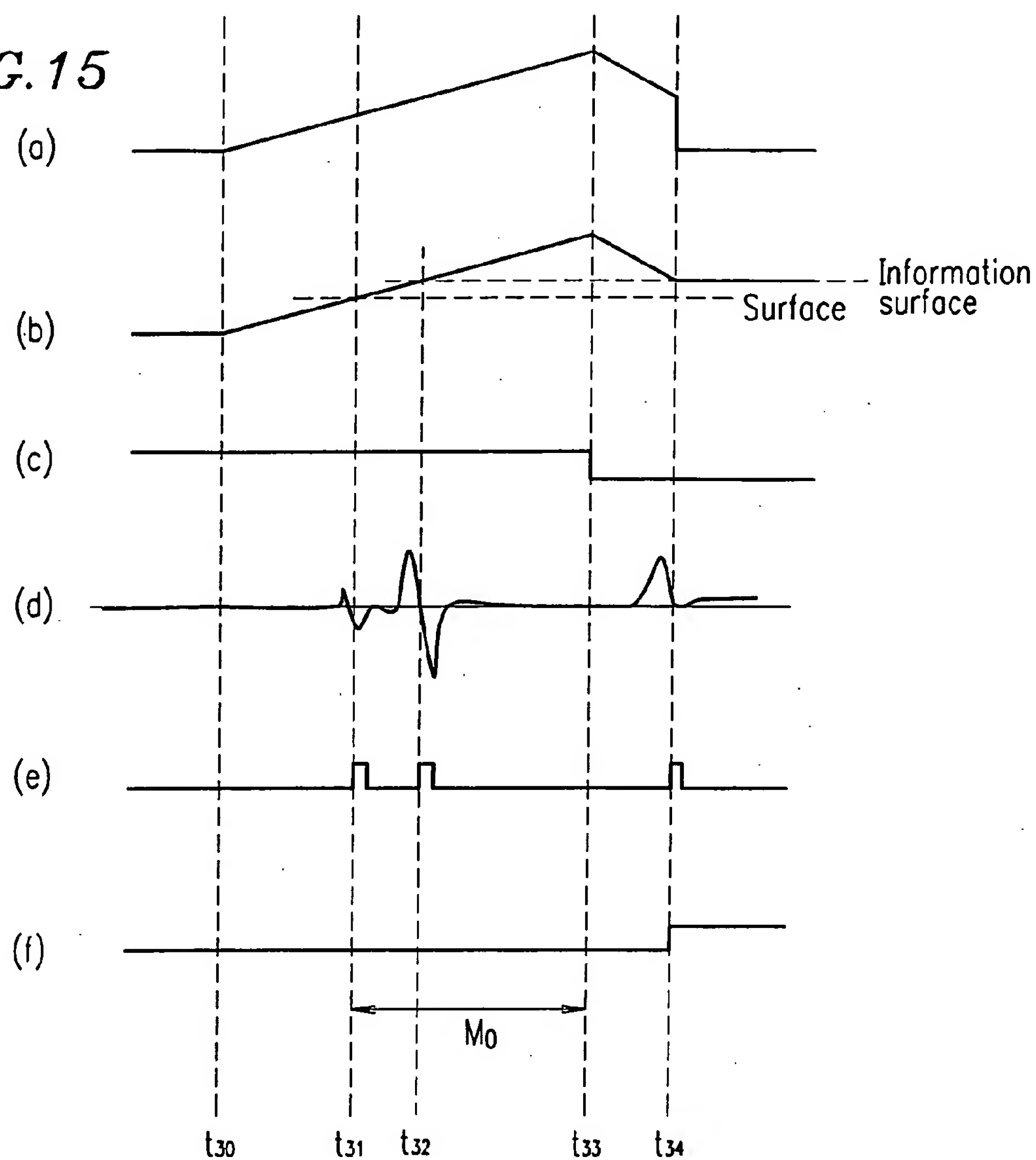
**FIG. 13**



**FIG. 14**

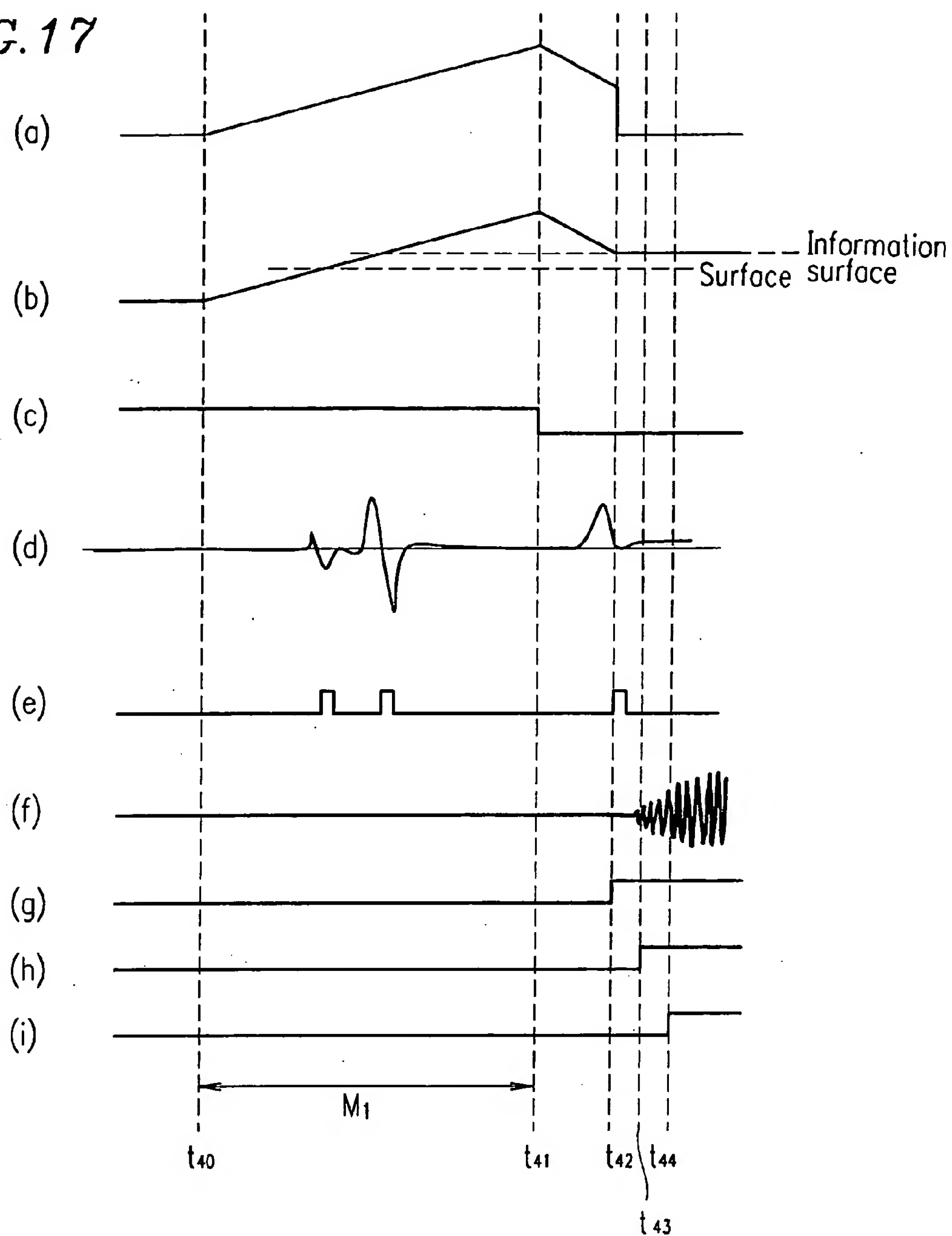


**FIG. 15**





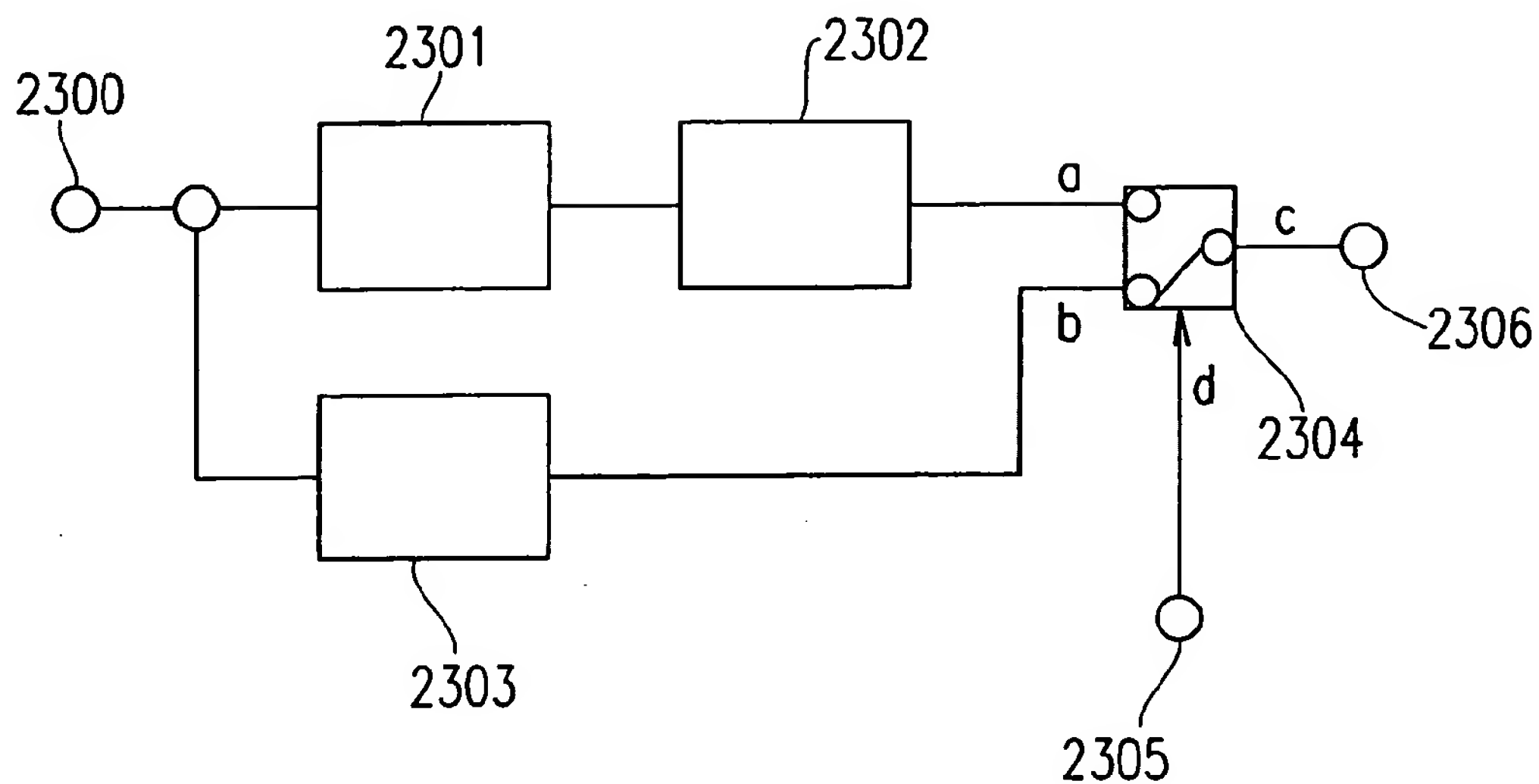
**FIG. 17**



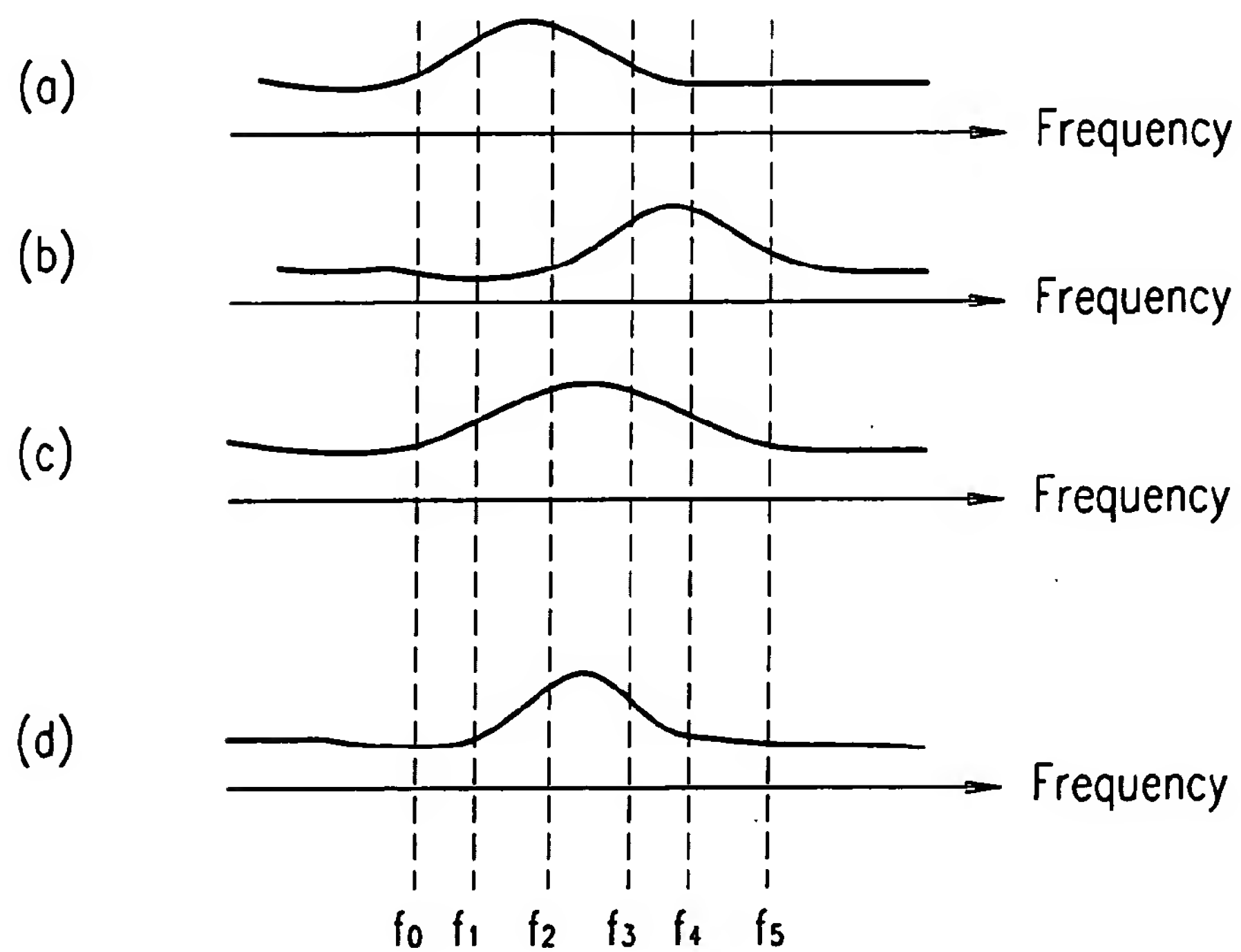




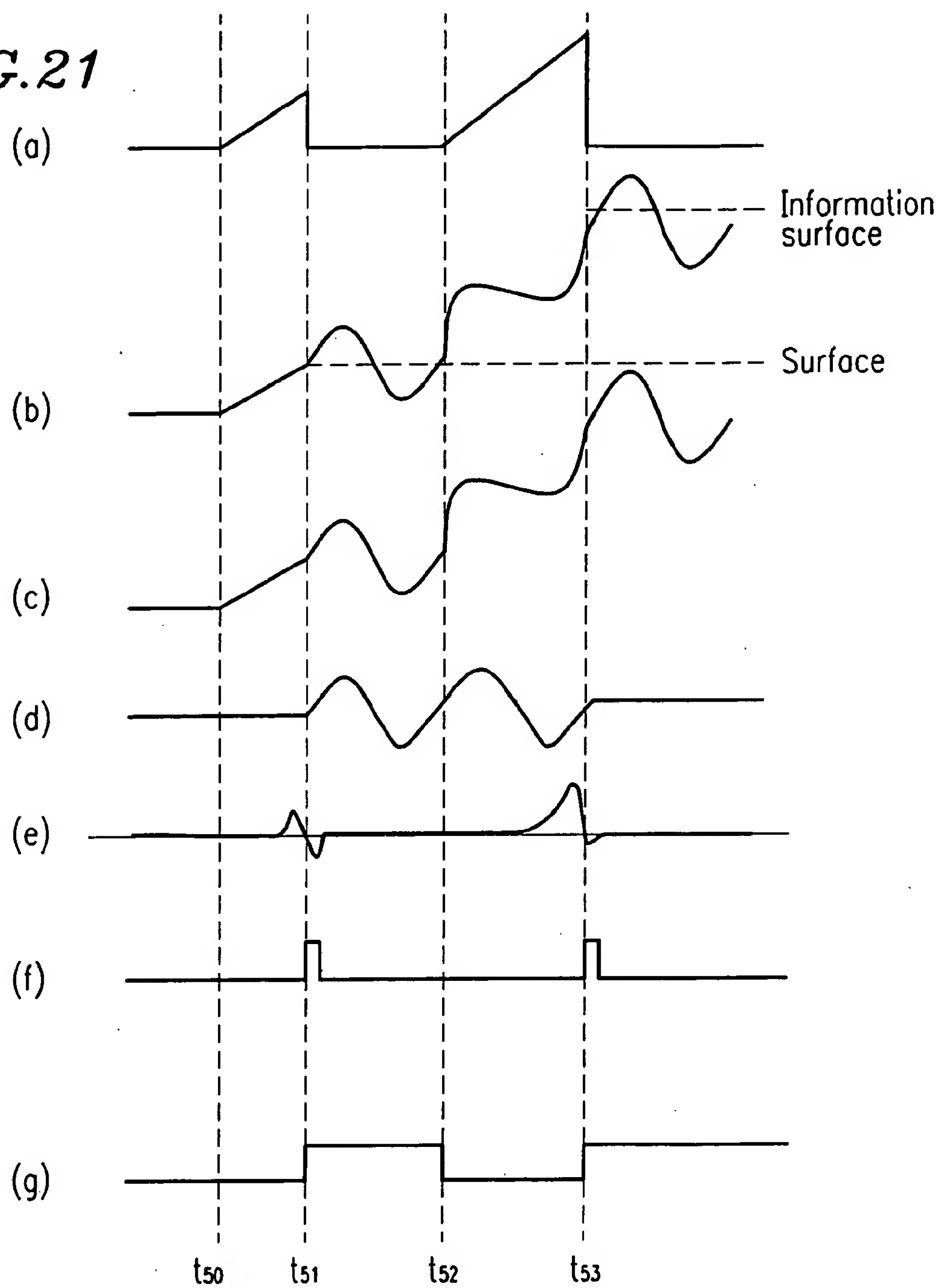
**FIG. 19**



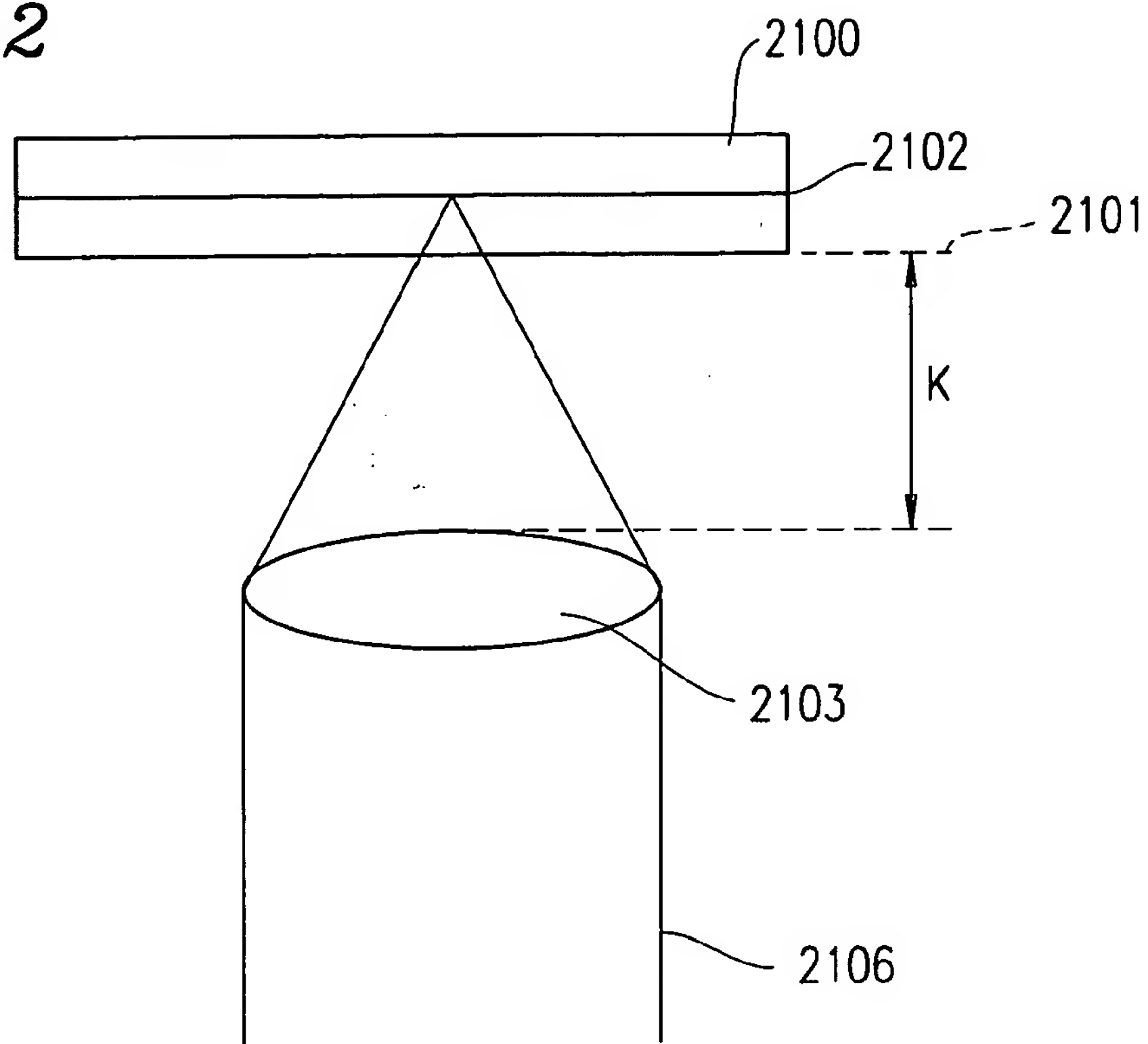
**FIG. 20**

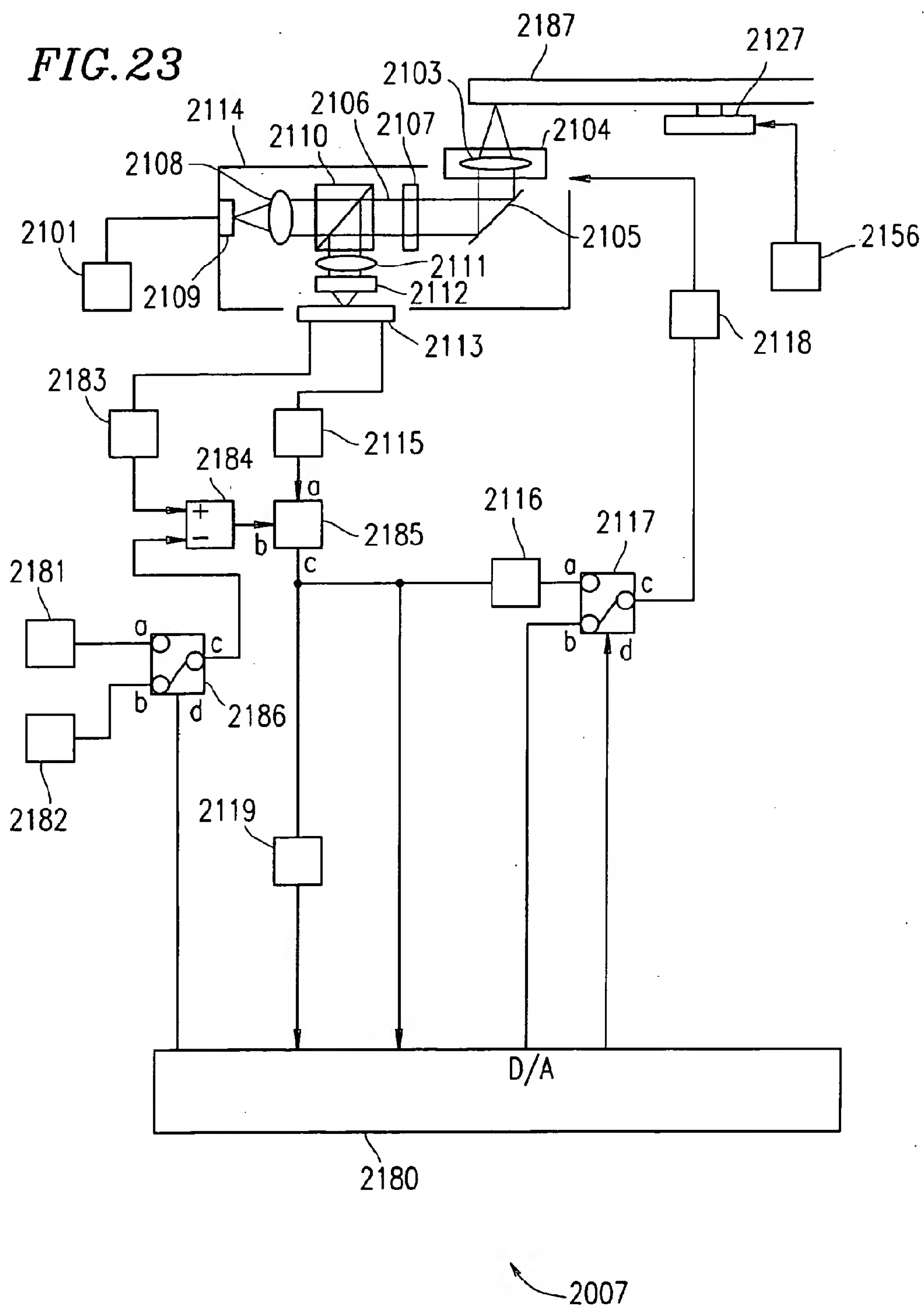


**FIG. 21**

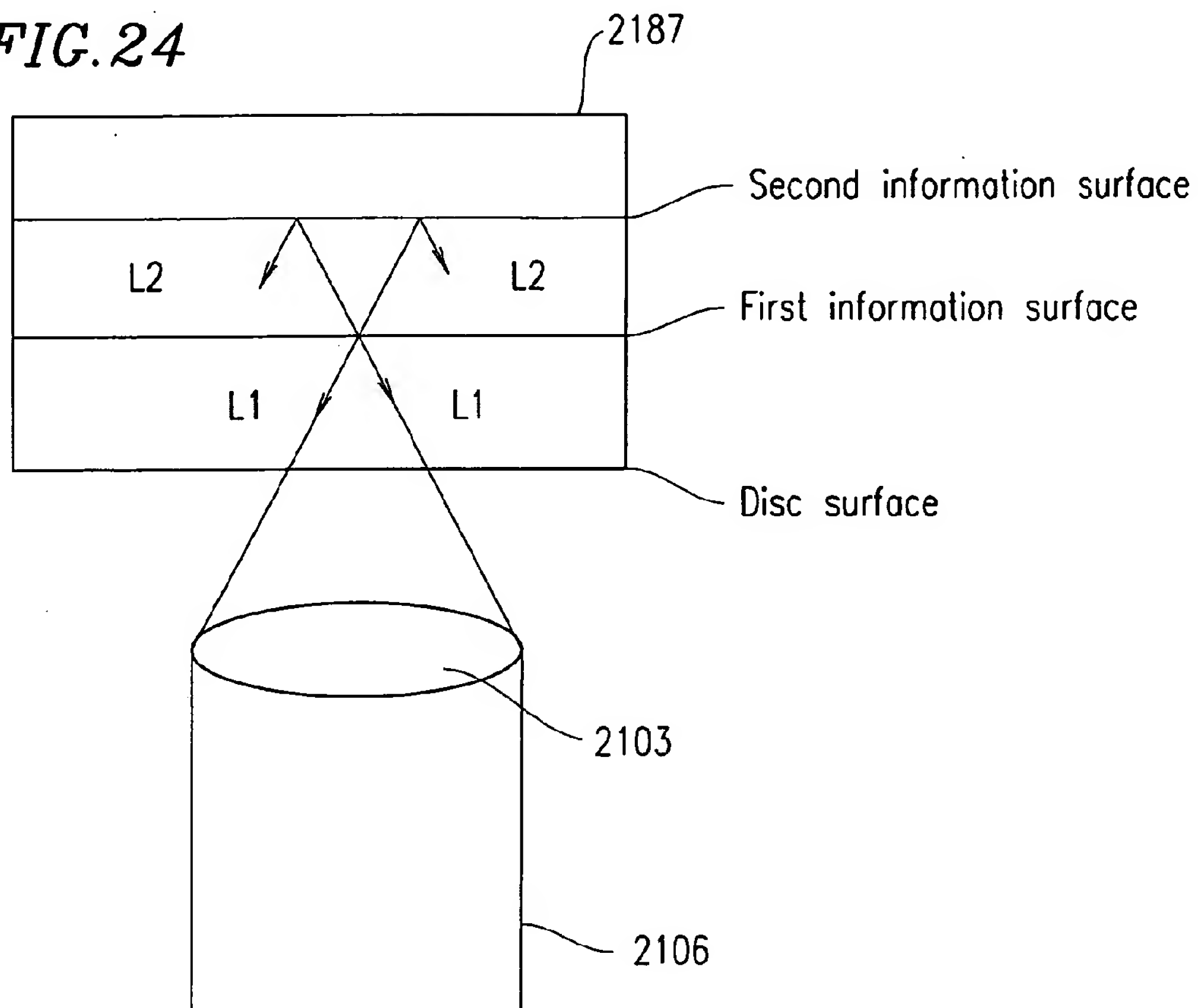


*FIG. 22*

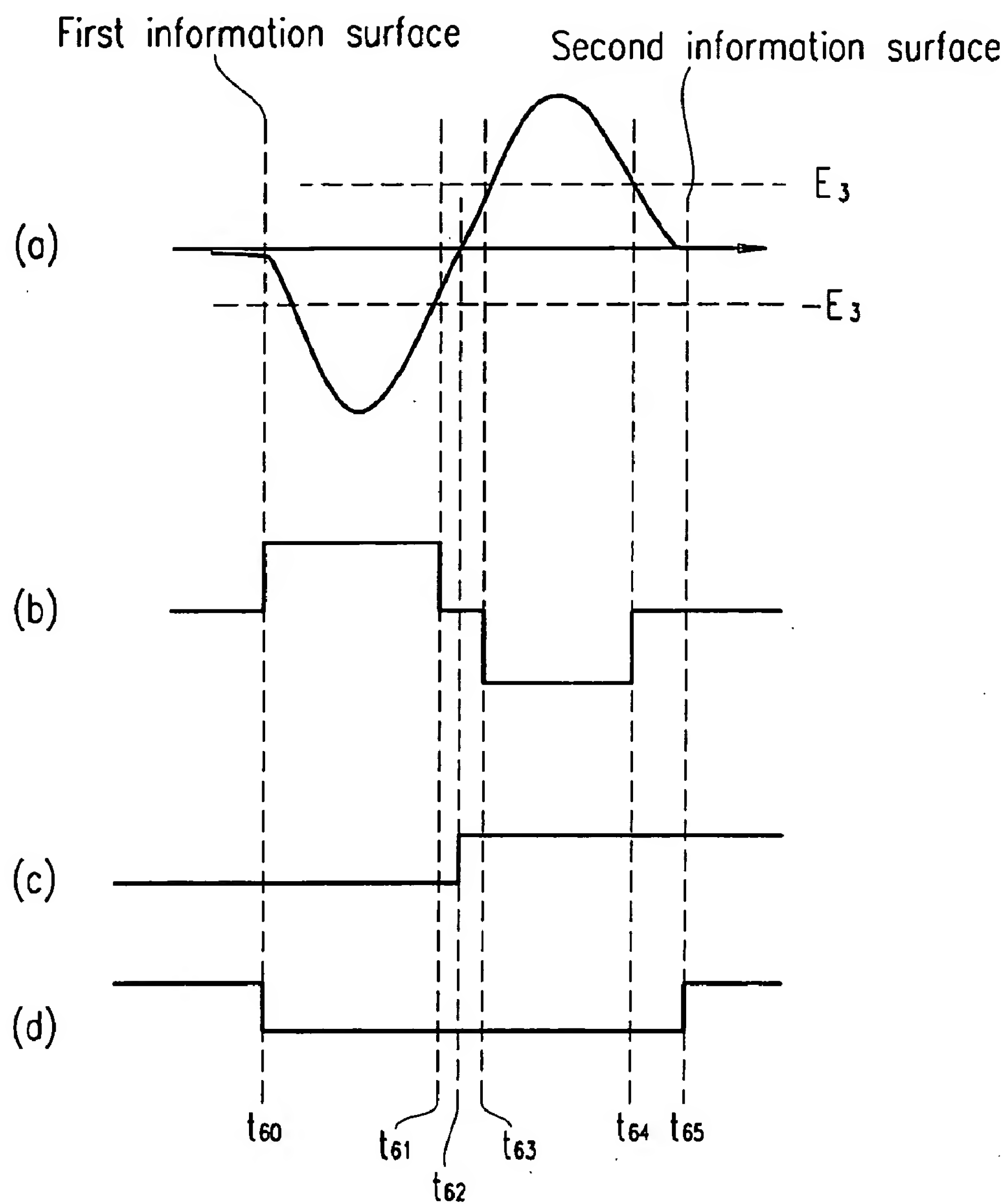




**FIG. 24**



**FIG. 25**

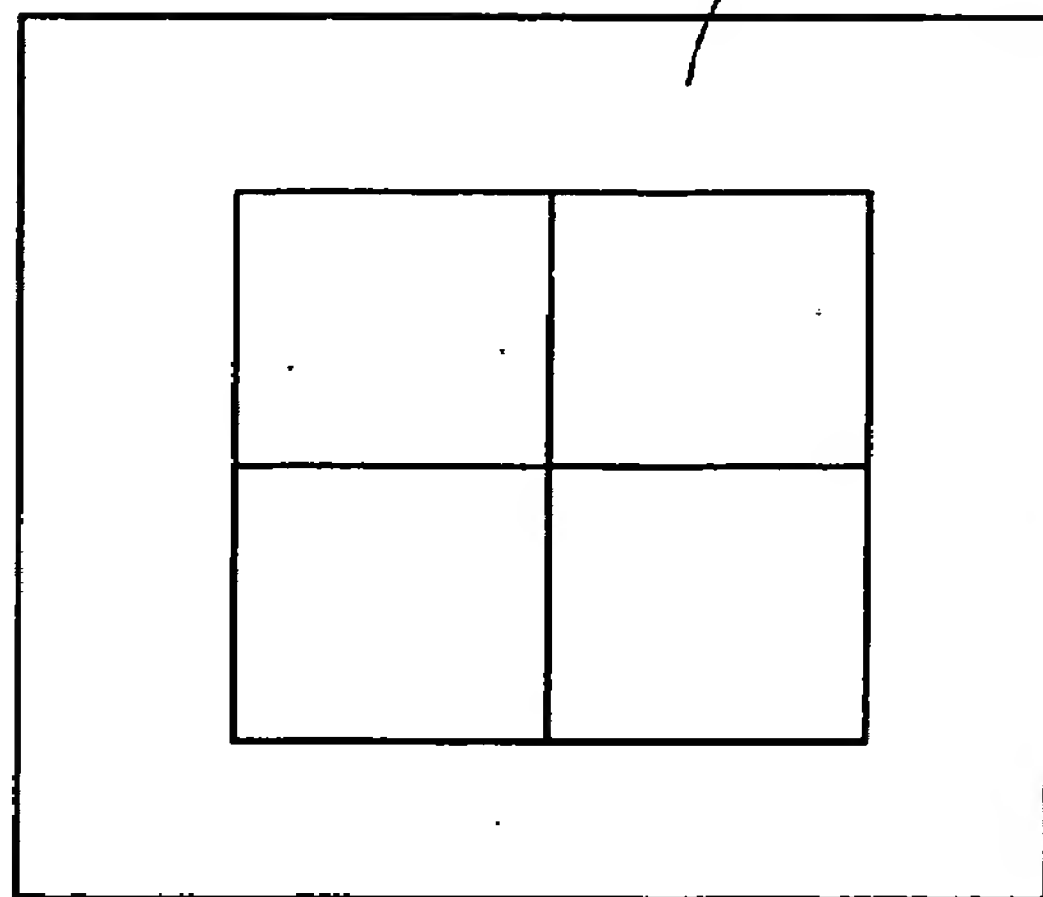






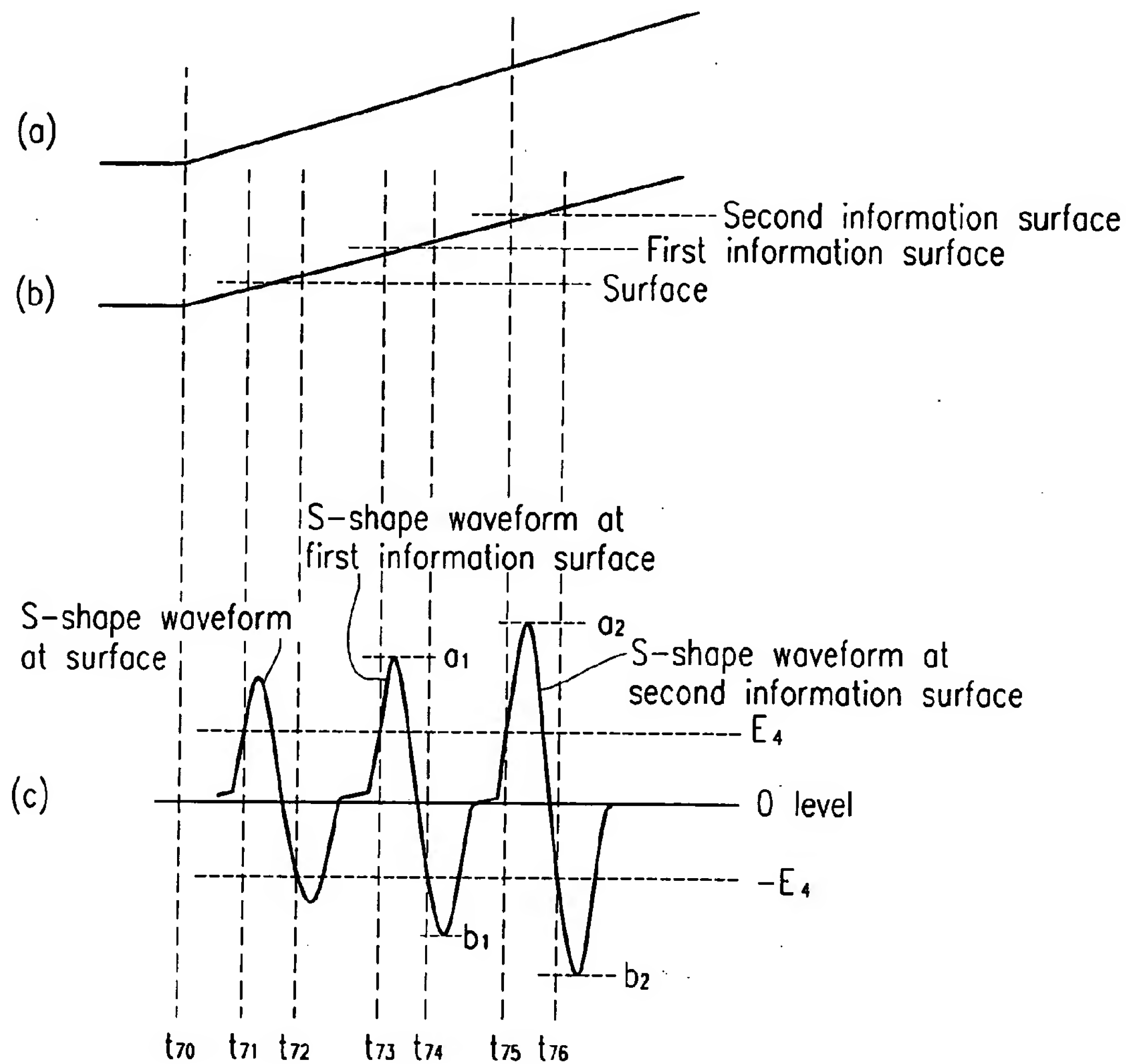
***FIG. 27***

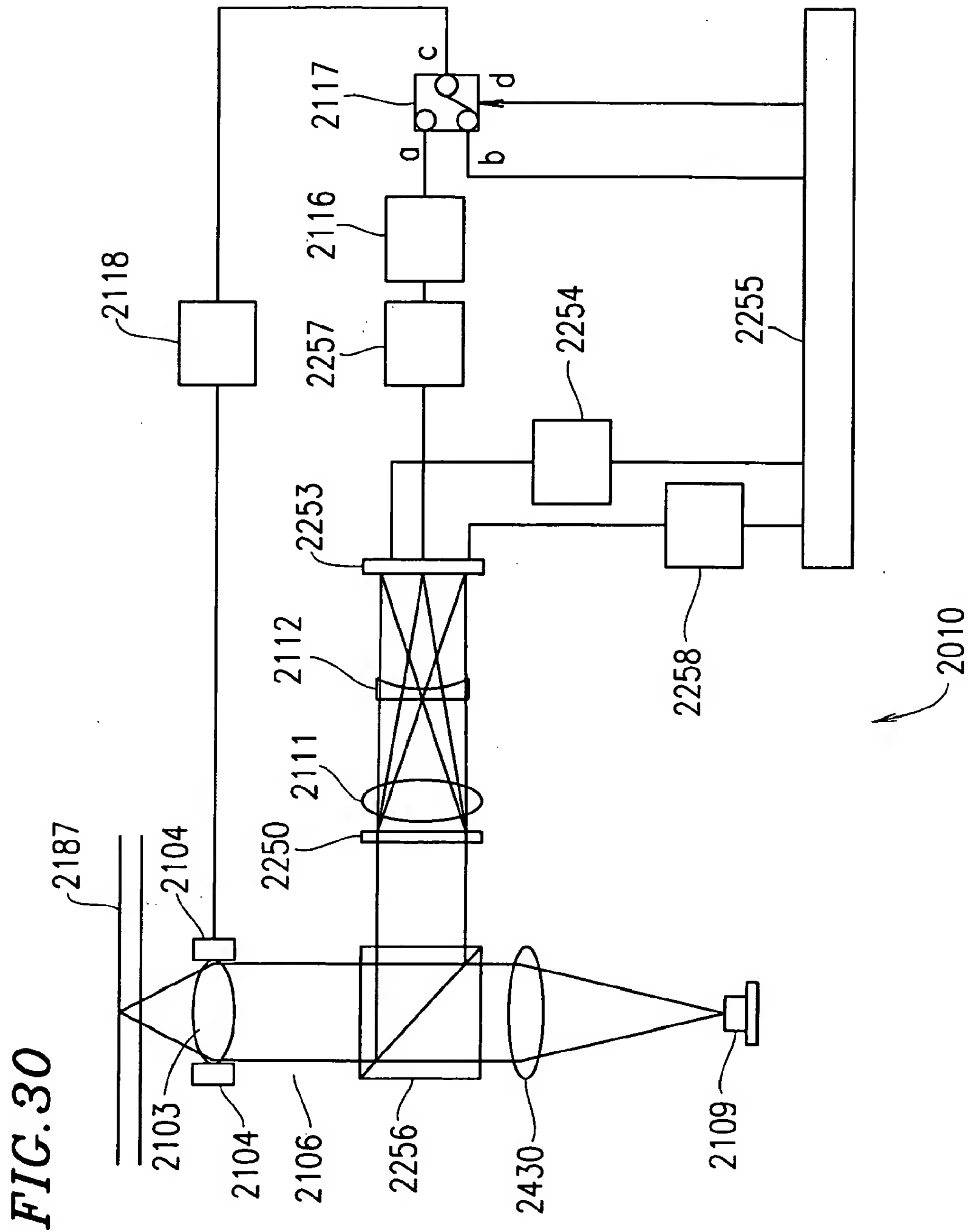
Outer light-receiving section



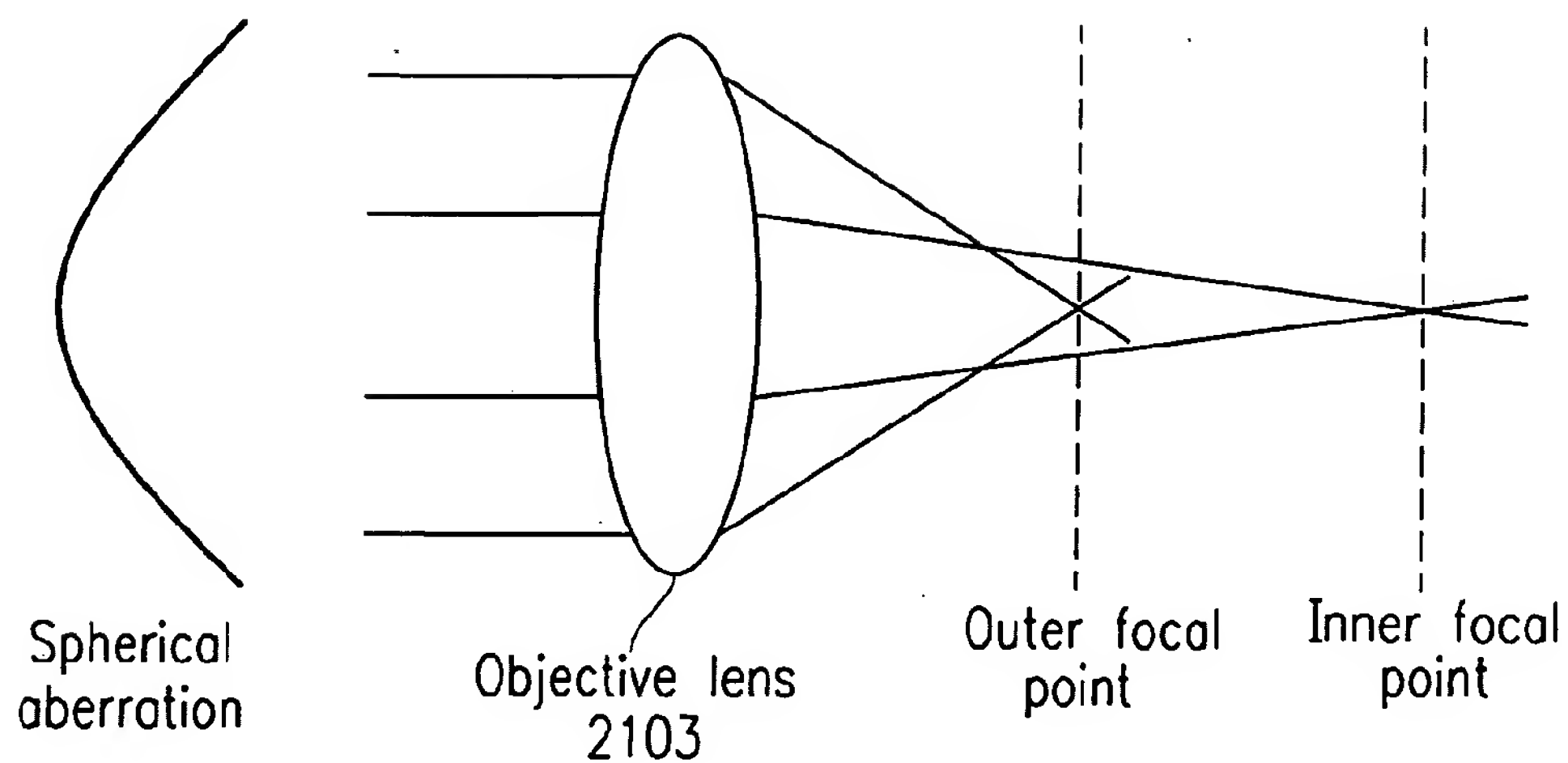


**FIG. 29**

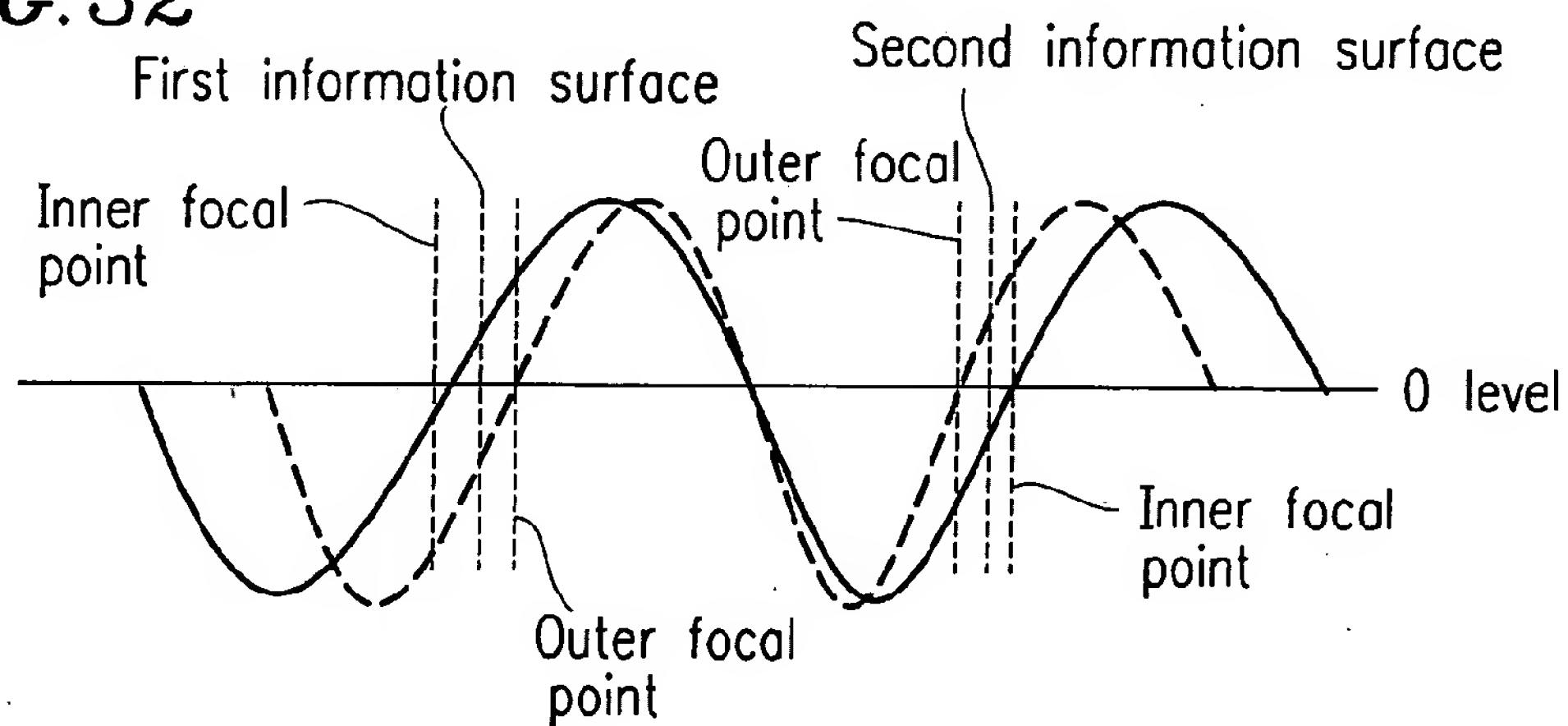




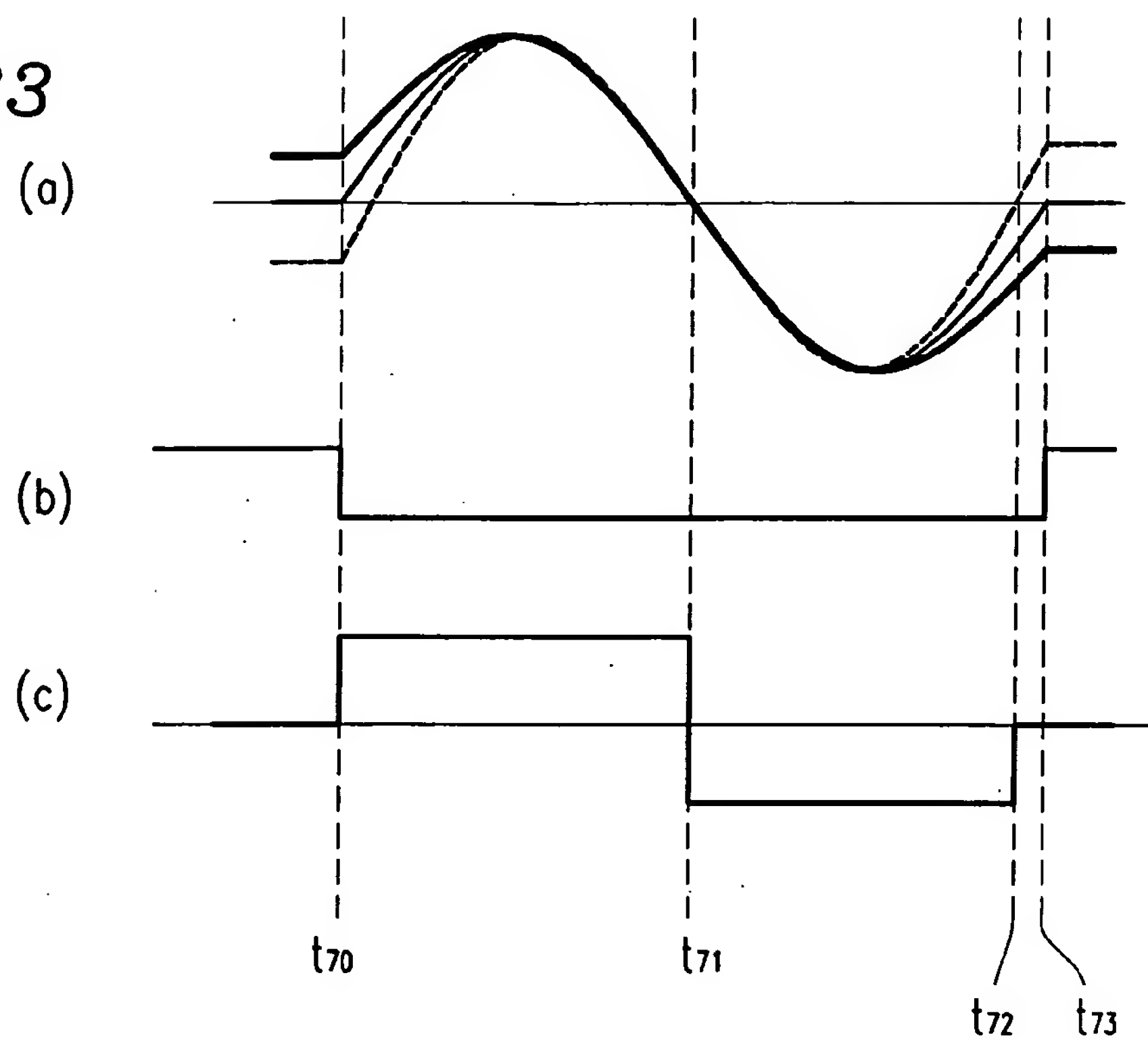
**FIG. 31**



**FIG. 32**



**FIG. 33**



## OPTICAL DISC UNIT

### TECHNICAL FIELD

[0001] The present invention relates to an optical disc unit for recording information such as digital video information on an optical disc in high density and reproducing information recorded on an optical disc, and in particular, an optical disc unit which is capable of performing an accurate focus control to an information surface of an optical disc.

### BACKGROUND ART

[0002] Recently, optical discs have been drawing attention as exchangeable media with a high capacity and an optical disc unit is expected to be used more widely as a video recorder in the future. One of the reasons why the optical disc is a high-capacity exchangeable medium is that it allows performance of recording/reproduction without contacting the medium. In other words, a laser beam is focused and an information recording layer of an optical disc is irradiated with the focal point thereof, and thus recording and reproduction are performed. Therefore, even when some dirt or dust is adhered on the surface of the disc, a head crash does not occur as it does, for example, in magnetic recording.

[0003] However, such a characteristic of the optical disc is based on a major premise: a focus control, i.e., a control for maintaining the distance between the focal point of a convergence laser beam and the information recording layer within an allowable error limit is stably performed. Once the focus is out of control, an objective lens actuator of an optical head runs out of control and may crash into the optical disc surface. Such an off-focus frequently occurs particularly when focusing is performed, i.e., during the process of shifting a laser beam focal point into a capture range of the focus control and then closing a focus control loop, immediately after an optical disc drive is activated. Thus, conventionally, various methods of focusing have been studied.

[0004] For example, in a method described in Japanese Laid-Open Publication No. 9-115147, whether an initial laser beam focal point is close or far relative to the optical disc information recording layer is determined beforehand and the focusing process is performed in accordance with this initial state. When the focal point is determined to be close relative to the information recording layer, the objective lens actuator is driven to bring the focal point closer to the information recording layer and when the focal point enters the capture range of the focusing, the operation is switched to a close loop operation of the focus control. Alternately, when it is determined to be far, the actuator is driven to be further, and then the operation is similarly switched to the close loop operation.

[0005] However, the conventional method has the problem of an increased rate of collision between an objective lens and the optical disc surface in the case where a working distance of the objective lens (the distance between the objective lens and the optical disc surface) is smaller than the wobbling of the optical disc. Specifically, there is no problem when the focusing is achieved with one attempt. However, if it fails, even though the objective lens actuator does not run out of control, in the case where the wobbling

of the disc is greater than the working distance, there is a possibility that the disc collides into the objective lens.

[0006] For the currently available CD players and DVD players, the NA (numerical aperture) of the objective lens is about 0.45 to 0.6 at most. Thus, it is possible to ensure a working distance of 0.5 mm or more. Therefore, wobbling of about 0.2 mm, which may usually occur, can be sufficiently absorbed. However, if the NA is raised to its limit in order to further increase the recording capacity in the future, the designed working distance of the objective lens becomes extremely small. For example, if the NA is 0.85, even if the thickness of a protective layer is lowered to about 0.1 mm (the thickness of a protective layer is 1.2 mm in a CD and 0.6 mm in a DVD), the working distance is about 0.15 mm.

[0007] The present invention was conceived in view of such problems. The objective of the present invention is to provide an optical disc unit for performing a focus control which is capable of significantly reducing the frequency of collisions of an objective lens into an optical disc surface even when a sufficient working distance of the objective lens is not ensured due to an increased capacity of the optical disc.

[0008] As a conventional optical disc unit, there is an optical disc unit in which an optical beam generated from a light source such as a semiconductor laser is focused on and applied to an optical disc rotating with a predetermined rotation number and signals recorded on the optical disc are reproduced. The optical disc includes a plurality of tracks formed in spiral forms. The tracks are formed of grooves having concave and convex portions. A recording film of a phase-shift material or the like is attached to an information surface. For recording information on the optical disc, the strength of the optical beam is changed in accordance with the information, with a focus control performed such that a focal point of the optical beam is on the information surface, and with a tracking control performed such that the focal point is on the tracks. Thus, the reflectance of the recording film is varied. For reproducing information on the optical disc, light reflected off the optical disc is received at a photodetector, similarly, with the focus control performed such that a focal point of the optical beam is on the information surface and with the tracking control performed such that the focal point is on the tracks. The output of the photodetector is processed to reproduce the information.

[0009] A focus error signal indicating misalignment between an information surface of an optical disc and a focal point of an optical beam is detected by astigmatic method or the like. The focus error signal becomes zero when the focal point is on the information surface. In general, the detection limit of the astigmatic method is about 10  $\mu\text{m}$ . Thus, for operating a focus control system, the objective lens is moved beforehand so as to shift the position of the focal point into the detection limit. The focus control is performed at the time when the focus error signal crosses zero. However, when the focal point passes the optical disc surface, the focus error signal also crosses zero. If the focus control is performed when zero-crossing occurs at the optical disc surface, the focal control is performed such that the focal point is positioned on the optical disc surface. In order to prevent this, the fact that the reflectance of the information surface is higher than that of the optical disc surface is utilized. More specifically, zero-crossing which occurs at the



recording surface is detected when the level of the total internal reflection amount is detected to exceed a predetermined level.

[0010] Recently, a rewritable optical disc which has two information surfaces on one side of the optical disc has been proposed. Hereinafter, such an optical disc is referred to as a doublelayer optical disc. In the doublelayer optical disc, when information on the information surface further from the objective lens is reproduced, it is reproduced with an optical beam which has been transmitted through the information surface closer to the objective lens. Thus, the doublelayer optical disc is designed such that the reflectance of the information surface closer to the objective lens is low.

[0011] Accordingly, the amount of light from each of the information surfaces which is received at a photodetector becomes small. The optical disc having one information surface is referred to as a single-layer optical disc.

[0012] As described above, the level of the total internal reflection amount at each of the information surfaces becomes low in the doublelayer optical disc. Thus, it is difficult to distinguish the optical disc surface and the information surfaces based on the total internal reflection amount. This means that it is difficult to ensure the focusing to the information surface if the focusing is performed in a method similar to the conventional method.

[0013] The present invention is conceived in view of the above-described problem. The objective of the present invention is to provide an optical disc unit which is capable to ensure the focusing to the information surface even in the case where difference between the amount of the total internal reflection off the optical disc surface and the amount of the total internal reflection off the information surface is small (for example, in the case where a doublelayer optical disc is used).

#### DISCLOSURE OF THE INVENTION

[0014] The present invention provides an optical disc unit for an optical disc having one or more information recording layers and one or more protective layers formed on the information recording layers, comprising: reflective surface detection means for detecting a reflective surface; focus control means for performing focus control to the reflective surface such that a distance between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and the reflective surface is within a predetermined error limit; shift means for shifting the position of the focal point in a direction perpendicular to the optical disc; and control means for controlling the focus control means and the shift means, wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward the protective layer until a surface of the protective layer is detected by the reflective surface detection means, the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the protective layer when the surface of the protective layer is detected, the control means controls the shift means to release the focus control to the surface of the protective layer and shifts the focal point of the optical beam toward the information recording layer until a surface of the information recording layer is detected by the reflective surface detection means, and the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the information recording layer when the surface of the

information recording layer is detected, thereby achieving the above-described objectives.

[0015] A feedback gain of the focus control to the surface of the protective layer and a feedback gain of the focus control to the surface of the information recording layer may be set such that the product of the feedback gain of the focus control to the surface of the protective layer and a reflectance of the surface of the protective layer is equal to the product of the feedback gain of the focus control to the surface of the information recording layer and a reflectance of the surface of the information recording layer.

[0016] Information indicating the reflectance of the information recording layer may be formed beforehand on the surface of the protective layer, the control means may read the information from the surface of the protective layer while the focus control to the surface of the protective layer is performed, and may set the feedback gain of the focus control to the surface of the information recording layer based on the information.

[0017] The reflectance of the surface of the protective layer may be 3% to 5%.

[0018] The present invention provides an optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces having a plurality of tracks formed thereon, comprising: tracking error detection means for detecting a misalignment between an optical beam applied to the optical disc and one of the plurality of the tracks corresponding thereto, and outputting a tracking error signal indicating the misalignment; amplification detection means for detecting amplification of the tracking error signal; focus control means for performing focus control such that a distance between a focal point of the optical beam and the information surface is within a predetermined error limit; shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam toward the optical disc; and control means for controlling the focus control means and the shift control means, wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam is shifted in a direction traversing tracks formed on the information surface of the optical disc and approaches the optical disc with an operation of the focus control means stopped; and the control means allows the focus control means to start the operation only when the amplification of the tracking error signal is detected to become a predetermined value or higher by the amplification detection means, thereby achieving the above-described objectives.

[0019] Each of the plurality of the tracks formed on the information surface may be wavy.

[0020] An optical disc unit may further comprises zero-cross detection means for detecting that a focus error signal indicating a misalignment between the focal point of the optical beam and the information surface crosses zero, and the control means may start an operation of the focus control means when the amplification of the tracking error signal is detected to become the predetermined value or higher by the amplification detection means and the focus error signal is detected to cross zero by the zero-cross detection means.

[0021] An optical disc unit may further comprise a band-pass filter, and the tracking error signal may be supplied to the amplification detection means via the band-pass filter.

[0022] The control means may control rotations of the optical disc such that the number of rotations of the optical disc when the amplification of the tracking error signal is detected by the amplification detection means is smaller than the number of rotations of the optical disc when information recorded on the information surface of the optical disc is being reproduced.

[0023] The control means may control strength of the optical beam such that strength of the optical beam when the amplification of the tracking error signal is detected by the amplification detection means is smaller than strength of the optical beam when information recorded on the information surface of the optical disc is being reproduced.

[0024] The control means may perform the focus control with rotations of the optical disc stopped and controls the rotations of the optical disc such that the optical disc starts to rotate after the distance between the focal point of the optical beam and the information surface is detected to be within the predetermined error limit.

[0025] The present invention provides an optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces, comprising: focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and a predetermined surface; shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; focus control means for performing focus control to the predetermined surface such that a distance between the focal point of the optical beam and the predetermined surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the focus error signal; zero-cross detection means for detecting that the focus error signal crosses zero; and control means for controlling the focus control means and the shift means, wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts in a first direction toward a surface of the optical disc until the focus error signal is detected to cross zero for the first time by the zero-cross detection means, the control means controls the shift means such that, when the focus error signal is detected to cross zero for the first time, the focal point of the optical beam further shifts in the first direction by a predetermined distance which is larger than a distance between the surface of the optical disc and the information surface, the control means controls the shift means such that, until the focal point of the optical beam has been further shifted in the first direction by the predetermined distance and when the focus error signal is detected to cross zero for the second time by the zero-cross detection means, the focal point of the optical beam is shifted toward the information surface in a second direction opposite to the first direction, and the control means controls the focus control means to perform the focus control to the information surface when the focus error signal is detected to cross zero for the second time, thereby achieving above-described objectives.

[0026] The control means may perform the focus control with rotations of the optical disc stopped and controls the rotations of the optical disc such that the optical disc starts to rotate after the distance between the focal point of the optical beam and the information surface is detected to be within the predetermined error limit.

[0027] The present invention provides an optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces,

comprising: focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and a predetermined surface; shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; focus control means for performing focus control to the predetermined surface such that the distance between the focal point of the optical beam and the predetermined surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the focus error signal; zero-cross detection means for detecting that the focus error signal crosses zero; and control means for controlling the focus control means and the shift means, wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward the surface of the optical disc until the focus error signal is detected to cross zero for the first time by the zero-cross detection means, the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the optical disc when the focus error signal is detected to cross zero for the first time, the control means stores displacement information indicating displacement of the shift means in accordance with a rotation angle of the optical disc in storage means while the focus control to the surface of the optical disc is performed, the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward the information surface based on the displacement information stored in the storage means with an operation of the focus control means stopped until the focus error signal is detected to cross zero for the second time by the zero-cross detection means, and the control means controls the focus control means to perform the focus control to the information surface when the focus error signal is detected to cross zero for the second time, thereby achieving above-described objectives.

[0028] The focus control means may control phase compensation such that a band in which a phase leads is wider, compared to when information recorded on the optical disc is being reproduced, for a predetermined period after the focus control means has started the operation.

[0029] The focus control means may set a gain such that the gain is smaller, compared to when information recorded on the optical disc is being reproduced, for a predetermined period after the focus control means has started the operation.

[0030] The present invention provides an optical disc unit for an optical disc having a plurality of information surfaces, comprising: photodetection means for detecting light reflected off the optical disc when an optical beam is applied to a predetermined surface among the plurality of information surfaces; focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of the optical beam and the predetermined information surface based on an output from the photodetection means; total internal reflection amount detection means for detecting an amount of total internal reflection off the optical disc based on the output from the photodetection means; and normalization means for generating a normalized focus error signal by dividing the focus error signal by a value obtained by subtracting a signal value corresponding to a reflection amount reflected off information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc from



the output of the total internal reflection amount detection means, thereby achieving the above-described objectives.

[0031] An optical disc unit may further comprises: shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; focus control means for performing focus control such that a distance between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the normalized focus error signal; and focus gain measurement means for measuring a gain of a system of the focus control, and the signal value may vary depending on an output from the focus gain measurement means.

[0032] An optical disc unit may further comprises shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc, and the signal value may vary such that amplification of the normalized focus error signal is a constant value when the shift means is driven such that the focal point of the optical beam passes through the predetermined information surface of the optical disc.

[0033] The signal value may vary depending on each of the plurality of the information surfaces.

[0034] An optical disc unit may further comprises stray light detection means for detecting light reflected off information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc on which the focal point of the optical beam is located, and the signal value may vary based on an output from the stray light detection means.

[0035] An optical disc unit may further comprises: shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; and control means for controlling the shift means based on the normalized focus error signal so as to control the shift means to shift the focal point of the optical beam to information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc.

[0036] The photodetection means may further include optical beam splitting means for splitting light reflected off the optical disc into light of an inner region near an optical axis and light of an outer region far from the optical axis; the focus error detection means may include inner focus error detection means for detecting a misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc based on the light of the inner region, and outer focus error detection means for detecting the misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc based on the light of the outer region; and the control means may control the shift means based on at least one of an output from the inner focus error detection means and an output from the outer focus error detection means so as to control the shift means to shift the focal point of the optical means to information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0037] FIG. 1 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 1 of the present invention;

[0038] FIG. 2A shows a change in the position of a focal point of a convergence laser beam over sequences 1 through 4;

[0039] FIG. 2B shows a change in a focus error signal FE over the sequences 1 through 4;

[0040] FIG. 3 shows an example of an optical disc on which disc information is formed on a surface of a protective layer;

[0041] FIG. 4 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 2 of the present invention;

[0042] FIG. 5 shows an example of a change in the FE signal;

[0043] FIG. 6 schematically shows tracks formed on the optical disc;

[0044] FIG. 7 shows a waveform of a TE signal when the optical beam traverses the tracks;

[0045] FIG. 8 shows waveforms of the signals when the objective lens gradually approaches the information surface of the optical disc;

[0046] FIG. 9 shows waveforms of the signals when focusing is being performed;

[0047] FIG. 10 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit of Embodiment 3;

[0048] FIG. 11 shows a plurality of tracks formed on the information surface of the optical disc;

[0049] FIG. 12 shows waveforms of the signals when the optical beam traverses the tracks with the focus control being performed;

[0050] FIG. 13 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit;

[0051] FIG. 14 is a block diagram showing an exemplary structure of the optical disc unit according to Embodiment 4 of the present invention;

[0052] FIG. 15 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit;

[0053] FIG. 16 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 5 of the present invention;

[0054] FIG. 17 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit;

[0055] FIG. 18 shows an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 6 of the present invention;

[0056] FIG. 19 is a block diagram showing an exemplary structure of a phase compensation circuit;

[0057] FIG. 20 shows phase characteristics of the circuits included in the phase compensation circuit;

[0058] FIG. 21 shows waveforms when the focusing is being performed;

[0059] FIG. 22 illustrates a working distance;

[0060] FIG. 23 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 7 of the present invention;

[0061] FIG. 24 illustrates a doublelayer optical disc 2187 and an optical beam 2106;

[0062] FIG. 25 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit;

[0063] FIG. 26 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 8 of the present invention;

[0064] FIG. 27 schematically shows a structure of a photodetector;

[0065] FIG. 28 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 9 of the present invention;

[0066] FIG. 29 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit;

[0067] FIG. 30 is a block diagram showing an exemplary structure of an optical disc unit according to Embodiment 10 of the present invention;

[0068] FIG. 31 illustrates outer and inner focal points of the optical beam when the controlling FE signal is zero at the first information surface;

[0069] FIG. 32 shows waveforms of an outer FE signal and an inner FE signal; and

[0070] FIG. 33 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit.

#### BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

[0071] Hereinafter, embodiments of the present invention will be described with reference to the drawings.

[0072] (Embodiment 1)

[0073] FIG. 1 shows an exemplary structure of an optical disc unit 1001 according to Embodiment 1 of the present invention.

[0074] The optical disc unit 1001 records information on an optical disc 1100 and reproduces information recorded on the optical disc 1100. The optical disc 1100 has an information recording layer 1120 and a protective layer 1110 formed on the information recording layer 1120.

[0075] The optical disc unit 1001 includes an optical head 1002 for irradiating the information recording layer 1120 with a convergence laser beam.

[0076] The optical head 1002 includes a laser light source 1201, light receiving means 1202, an objective lens actuator 1204, and an objective lens 1203.

[0077] The laser light source 1201 outputs a laser beam. The laser beam output from the laser light source 1201 is focused with the objective lens 1203. As a result, the optical disc 1100 is irradiated with the convergence laser beam. The convergence laser beam reflected off the optical disc 1100 passes through the objective lens 1203 and is received by the light receiving means 1202. The objective lens 1203 is driven by the objective actuator 1204.

[0078] The light receiving means 1202 is formed of, for example, light receiving sections divided into plural parts. A group of signals output from the light receiving means 1202 (DOUT) are supplied to focus error calculation means 1003 and information reading means 1011. The focus error calculation means 1003 generates a focus error signal (FE) from the signal group DOUT. The focus error signal varies in accordance with the distance between the focal point of the convergence laser beam and a reflective surface (a surface of the protective layer 1110 or the information recording layer 1120, which will be described in detail later). The focus error signal FE feeds back to the objective lens actuator 1204 of the optical head 1002 via a gain amplifier 1009, a switch 1008, adding means 1004, low-frequency compensation means 1012, and an actuator driver 1005.

[0079] Thus, a focus control loop for performing focus servo by the light receiving means 1202, the focus error calculation means 1003, the gain amplifier 1009, the switch 1008, the adding means 1004, the low-frequency compensation means 1012, the actuator driver 1005, and the objective lens actuator 1204 is formed. The switch 1008 is used for opening and closing the focus control loop. The adding means 1004 is used for adding the output signal of focal point shift means 1007, which will be described later, to the focus control loop.

[0080] The light receiving means 1202, the focus error calculation means 1003, the gain amplifier 1009, the switch 1008, the adding means 1004, the low-frequency compensation means 1012, the actuator driver 1005, and the objective lens actuator 1204 act as focus control means for performing the focus control to the reflective surface such that the distance between the focal point of the convergence laser beam and the reflective surface is within a predetermined error limit by driving the objective lens actuator 1204 based on the focus error signal FE.

[0081] The focal point shift means 1007 forcibly shifts the focal point of the convergence laser beam vertically with respect to the optical disc surface. The output signal of the focal point shift means 1007 is added to the focus control loop by the adder 1004.

[0082] A sequencer 1006 controls the focal point shift means 1007 and the focus control means. The sequencer 1006 controls the focus control means by switching the switch 1008 between on and off. When the switch 1008 is on, the focus control loop is closed, and thus the focus control means operates. When the switch 1008 is off, the focus control loop is open, and thus the operation of the focus control means stops.

[0083] The sequencer 1006 may be formed of, for example, microprocessors with programs for generating sequences 1 through 4 which will be described later incorporated therein.

[0084] Hereinafter, with reference to FIGS. 2A and 2B, a function of the sequencer 1006 will be explained. The sequencer 1006 sequentially performs the following sequences 1 through 4. FIG. 2A shows the change in the position of the focal point of the convergence laser beam over the sequences 1 through 4. FIG. 2B shows the change in the focus error signal FE over the sequences 1 through 4.

[0085] (Sequence 1)

[0086] The sequencer **1006** controls the focal point shift means **1007** such that the focal point of the convergence laser beam shifts toward the protective layer **1110**. Such a control is performed by, for example, the sequencer **1006** issuing command **M** to the focal point shift means **1007**. In response to the command **M**, a DC current is supplied to the objective lens actuator **1204**. Therefore, the objective lens **1203** moves at a predetermined speed in a direction perpendicular to the optical disc **1100**.

[0087] In sequence 1, the switch **1008** is turned off. Thus, the focus control loop is open and the focus control means is stopped.

[0088] Sequence 1 ends when a reflective surface (i.e., a surface of the protective layer **1110**) is detected by reflective surface detection means **1010**.

[0089] The reflective surface can be detected by, for example, detecting that the focus error signal **FE** exceeds a predetermined threshold value ( $V_{th}$ ) (**FIG. 2B**). Such a detection can be performed by utilizing a specific characteristic of the focus error signal that, when the distance between the focal point of the convergence laser beam and the reflective surface is short (i.e., within a detectable range), a focus error signal having an amplitude approximately proportional to a focus error can be obtained, but when the distance is out of the detectable range, a signal having such amplitude cannot be obtained (the so-called s-shape characteristic).

[0090] (Sequence 2)

[0091] The sequencer **1006** controls the focus control means so as to perform the focus control to the surface of the protective layer **1110**. This is performed by switching the switch **1008** from off to on. The reflective surface detection means **1010** outputs an output pulse signal **P** when reflective surface detection means **1010** detects that the focus error signal **FE** exceeds the predetermined threshold value ( $V_{th}$ ). In response to an edge of the output pulse signal **P**, the sequencer **1006** generates a loop-on-signal (**LON**) for closing the switch **1008**. Thus, the switch is turned on, and the focus control to the surface of the protective layer **1110** is started.

[0092] Sequence 2 ends when the focus control to the surface of the protective layer **1110** is stabilized. For example, after a predetermined time period has passed from the beginning of the focus control, there is no problem to regard that the focus control is stabilized. The predetermined time period is preferably about ten times (or more) of a response time period determined depending on the focus control band. For example, if the response time corresponding to the focus control band of 10 kHz is 0.1 ms, the predetermined time period is preferably 1 ms (=0.1 ms×10) or more.

[0093] (Sequence 3)

[0094] The sequencer **1006** releases the focus control to the surface of the protective layer **1110**. This is performed by switching the switch **1008** from on to off.

[0095] Then, the sequencer **1006** controls the focal shift means **1007** such that the focal point of the convergence laser beam shifts toward the information recording layer

**1120**. Such a control is performed by, for example, the sequencer **1006** issuing command **M** to the focal point shift means **1007**. In response to the command **M**, a DC current is supplied to the objective lens actuator **1204**. Thus, the objective lens **1203** moves at a predetermined speed in a direction perpendicular to the optical disc **1100**.

[0096] Sequence 3 ends when a reflective surface (i.e., the surface of the information recording layer **1120**) is detected by the reflective surface detection means **1010**.

[0097] The reflective surface is detected by the same method as the method described with respect to sequence 1.

[0098] (Sequence 4)

[0099] The sequencer **1006** controls the focus control means so as to perform the focus control to the surface of the information recording layer **1120**. This is performed by switching the switch **1008** from off to on.

[0100] The sequence 4 ends when the focus control to the information recording layer **1120** is stabilized.

[0101] As described above, with the optical disc unit **1001** according to the present invention, focusing having two steps is performed with the control by the sequencer **1006**. The first step of the focusing is the focusing to the surface of the protective layer **1110**. The second step of the focusing is the focusing to the surface of the information recording layer **1120**. With such a focusing having two steps, a risk of the objective lens **1203** colliding into the optical disc **1100** can be significantly reduced. The reason will be described in detail below.

[0102] In sequences 1 and 2, the first step of the focusing is performed to the surface of the protective layer **1110** not to the surface of the information recording layer **1120**. The focusing is performed to a position which is distant from that in a conventional method by the thickness of the protective layer **1110**. In other words, the working distance is extended by the thickness of the protective layer **1110**.

[0103] For example, if the original working distance (i.e., the distance between the surface of the protective layer **1110** and the objective lens **1203** when the focus is on the information recording layer **1120**) is 150  $\mu\text{m}$ , the substantial working distance is 250  $\mu\text{m}$ , which is the original working distance plus the thickness of the protective layer **1110**, 100  $\mu\text{m}$ . Therefore, even if wobbling of about 200  $\mu\text{m}$  is generated by rotations of the optical disc **1100**, it is possible to avoid collision of the objective lens **1203** into the surface of the protective layer **1110** due to a focusing failure in most cases.

[0104] In addition, in sequence 2, tracking control to the wobbling of the optical disc **1100** is performed. Thus, in sequences 3 and 4, the influence of the wobbling of the optical disc **1100** can be virtually ignored. This is because the information recording layer **1120** and the protective layer **1110** undergo the same wobbling.

[0105] In sequence 4, the relative speed of the information recording layer **1120** to which the focusing is going to be performed and the objective lens **1203** is substantially zero. Thus, the optical disc **1100** can be regarded to be substantially static (in the direction of wobbling). In sequence 3, the focus control loop is blocked, but the operation state of the actuator before blocking the focus control loop is kept



almost as it is. As a result, in sequences 3 and 4, the focusing to the information recording layer **1120** can be performed almost surely.

[0106] As described above, according to Embodiment 1 of the present invention, even if the optical head having the objective lens of high NA is used, it is possible to avoid the collision of the objective lens into the surface of the optical disc as much as possible by performing the focus control to the surface of the protective layer **1110**, and then performing the focus control to the information recording layer **1120**.

[0107] Usually, the reflectance **R1110** of the surface of the protective layer **1110** and the reflectance **R1120** of the information recording layer **1120** are different. The sequencer **1006** appropriately sets a gain using a gain amplifier **1009** in order to correct differences between the reflectance **R1110** and the reflectance **R1120**.

[0108] A feedback gain **G1110** when the focus control to the surface of the protective layer **1110** is performed in sequence 2 and a feedback gain **G1120** when the focus control to the surface of the information recording layer **1120** is performed in sequence 4 are preferably set to meet formula (1).

$$R1110 \times G1110 = R1120 \times G1120 \quad (1)$$

[0109] **G1110** and **G1120** are preferably set such that the product of **R1110** and **G1110** equals the product of **R1120** and **G1120**.

[0110] Setting the feedback gains **G1110** and **G1120** to meet formula (1) enables a loop gain of the entire control system to be maintained constant. As a result, it is possible to perform a stable focus control to either of the surface of the protective layer **1110** and the surface of the information recording layer **1120**.

[0111] The reflectance **R1110** of the surface of the protective layer **1110** is uniquely determined by the refractive index of the protective layer **1110**. On the other hand, the reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120** significantly varies depending on the material of the information recording layer **1120**. For example, if the material of the protective layer **1110** is a polycarbonate resin, which is commonly used, the reflectance of the surface of the protective layer **1110** is in the range of about 3 to 5%. The reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120** is in the range of 5 to 20% in the case of a recordable and erasable media (for example, a phase change film), 20 to 50% in the case of a rewritable media (for example, a pigment type material), and 70 to 90% in the case of read-only media (for example, an aluminum reflective film). The reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120** significantly varies depending on the material thereof. Thus, there is no guarantee that the relationship which meets formula (1) is established unless the reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120** is known at the time of the focusing. Thus, there may be the case where the focusing to the information recording layer **1120** cannot be performed stably.

[0112] In order to surely obtain the reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120**, for example, information indicating the reflectance **R1120** may be formed on the surface of the protective layer **1110** of the

optical disc **1100** beforehand so as to allow the information indicating **R1120** to be read from the surface of the protective layer **1110** by using the information reading means **1011** during sequence 2 (i.e., during the focusing to the surface of the protective layer **1110**). In sequence 4, the sequencer **1006** sets a control gain based on the reflectance **R1120** using the gain amplifier **1009**.

[0113] FIG. 3 shows an example of an optical disc on which disc information **1112** is formed on the surface of the protective layer **1110**. The information indicating the reflectance **R1120** of the surface of the information recording layer **1120** is included in at least part of the disc information **1112**. The disc information **1112** may be a bar code directly printed on the surface of the protective layer **1110** or may be a label with a bar code or the like printed which is to be attached. The information reading means **1011** may have any structure as long as it compares every addition signal of the signal group DOUT which is output from the light receiving means **1202** with a predetermined threshold value and converts the bar code into a binary value based on the comparison result for detection.

[0114] (Embodiment 2)

[0115] FIG. 4 shows an exemplary structure of the optical disc unit **2002** according to Embodiment 2 of the present invention.

[0116] In the present embodiment, a photodetector **2113** and a TE signal generation circuit **2102**, which will be described later, act as tracking error detection means. The tracking error detection means detects a misalignment between an optical beam applied to an optical disc **2100** having an information surface with a plurality of tracks formed thereon and one of the tracks which corresponds thereto, and outputs a tracking error signal which indicates the misalignment.

[0117] The photodetector **2113**, an FE signal generation circuit **2115**, a phase compensation circuit **2116**, a power amplifier **2118** and an actuator **2104** act as focus control means. The focus control means performs a focus control such that a distance between a focal point of the optical beam and the information surface of the optical disc **2100** is within a predetermined error limit.

[0118] A microcomputer **2122** acts as control means for controlling the focus control means and the actuator **2104** (shift means).

[0119] The optical disc **2100** is attached to a motor **2127** and rotates with a predetermined number of rotations. The motor **2127** is controlled by a motor control circuit **2126**. The number of rotations of the motor **2127** is set by the microcomputer **2122**.

[0120] The optical disc **2100** has an information surface with a plurality of tracks formed thereon (not shown in FIG. 4, see FIGS. 6 and 22). The plurality of tracks are formed in spiral forms with concave and convex portions. The optical disc **2100** may be a single-layer disc or may be a multilayer disc, including a doublelayer disc.

[0121] A laser **2109**, a coupling lens **2108**, a polarized light beam splitter **2110**, a  $\frac{1}{4}$  waveplate **2107**, a total internal reflection mirror **2105**, the photodetector **2113**, and the actuator **2104** are attached to the optical head **2114**.

[0122] The laser **2109** is connected to a laser control circuit **2101**. The laser control **2101** drives the laser **2109** so as to have the light emitting power set by the microcomputer **2122**. An optical beam **2106** generated by the laser **2109** attached to the optical head **2114** is collimated into parallel light by the coupling lens **2108**, and passes through the polarized light beam splitter **2110** and the  $\frac{1}{4}$  waveplate **2107**. Then, the light is reflected off the total internal reflection mirror **2105** and focused and applied onto the information surface of the optical disc **2100** by an objective lens **2103**.

[0123] The light reflected off the information surface of the optical disc **2100** passes the objective lens **2103** and is reflected off the total internal reflection mirror **2105**. Then, it passes through the  $\frac{1}{4}$  waveplate **2107**, the polarized light beam splitter **2110**, a detection lens **2111**, and a cylindrical lens **2112** and incident in the photodetector **2113** comprising four light receiving sections. The objective lens **2103** is attached to a movable portion of the actuator **2104**. The actuator **2104** which acts as both the focusing direction shift means and the tracking direction shift means includes a focusing coil, a tracking coil, a permanent magnet for focusing, and a permanent magnet for tracking. When a voltage is applied to the focusing coil of the actuator **2104** by using the power amplifier **2118**, a current flows through the coil. The coil receives a magnetic force from the permanent magnet for focusing.

[0124] Thus, the objective lens **2103** moves in a direction perpendicular to the information surface of the optical disc **2100** (an up-and-down direction in the figure). The objective lens **2103** is controlled based on the focus error signal which indicates a misalignment between the focal point of the optical beam and the information surface of the optical disc such that the focal point of the optical beam **2106** is always on the information surface of the optical disc **2100**.

[0125] When a voltage is applied to the tracking coil by using a power amplifier **2125**, a current flows through the coil. The coil receives a magnetic force from the permanent magnet for tracking. Thus, the objective lens **2103** moves in a radial direction of the optical disc **2100** (a direction traversing the tracks on the optical disc **2100**, a right-and-left direction in the figure).

[0126] The photodetector **2113** is formed of four light receiving sections. The light reflected off the optical disc and incident on the photodetector **2113** is sent to the focus error signal generation circuit **2115** (hereinafter, referred to as the FE signal generation circuit **2115**) and a tracking error signal generation circuit **2102** (hereinafter, referred to as the TE signal generation circuit **2102**). The FE signal generation circuit **2115** generates a focus error signal (hereinafter, referred to as the FE signal) which indicates a misalignment between the focal point of the optical beam **2106** and the information surface of the optical disc **2100**.

[0127] The optical system shown in FIG. 4 has a structure which implements a detection scheme of the FE signal which is generally referred to as an astigmatism method. The FE signal is sent to the power amplifier **2118** via a phase compensation circuit **2116** and a switch **2117**.

[0128] A current flows to the focusing coil of the actuator **2104** by the power amplifier **2118**. The phase compensation circuit **2116** is a filter which forwards a phase for stabilizing the focus control system. Thus, the objective lens **2103** is

driven in response to the FE signal and the focal point of the optical beam **2106** is always on the information surface.

[0129] The switch **2117** switches between a connection of a terminal a and a terminal c, and a connection between a terminal b and the terminal c in accordance with a potential at a control terminal d. In the present embodiment, when the potential at the control terminal d is high, the terminal c and the terminal a are connected. When the potential is low, the terminal c and the terminal b are connected. The FE signal is also sent to a zero-cross detection circuit **2119**. When the zero-cross detection circuit **2119** detects that the FE signal crosses zero, it outputs a pulse signal. Hereinafter, the pulse is referred to as a zero-cross signal.

[0130] The optical system shown in FIG. 4 has a structure which implements a tracking error signal detection scheme which is generally referred to as a push-pull method. Hereinafter, the tracking error signal is referred to as the TE signal. The TE signal generation circuit **2102** detects a misalignment between the optical beam **2106** focused and applied onto the information surface of the optical disc **2100** with the plurality of tracks formed thereon and the tracks of the optical disc **2100** by the push-pull method. The TE signal is sent to a comparator **2128** via a band-pass filter **2120** (hereinafter, referred to as BPF **2120**) and an amplification detection circuit **2121**.

[0131] The output from the comparator **2128** is sent to the microcomputer **2122**. A ramp generation circuit **2123** generates a signal which varies in a constant rate (i.e., a ramp waveform). The time period for generating the ramp wave is set by the microcomputer **2122**. The output from the ramp generation circuit **2123** is sent to the power amplifier **2118** via the switch **2117**. The switch **2117** is switched by the microcomputer **2122**. A sine wave generation circuit **2124** generates sine wave. The time period for generating the sine wave is set by the microcomputer **2122**. The output from the sine wave generation circuit **2124** is sent to the power amplifier **2125**.

[0132] Now, an operation of focusing is described. The microcomputer **2122** sets the predetermined number of rotations to the motor control circuit **2126**, and then sets the predetermined light-emitting power to the laser control circuit **2101**. The microcomputer **2122** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** low to connect the terminal c and the terminal b. At this time, the focus control is not being performed. The ramp generation circuit **2123** is activated to output the ramp wave. The current according to the ramp wave flows through the focusing coil by the power amplifier **2118**.

[0133] The objective lens **2103** moves toward the optical disc **2100** (in an upper direction in the figure). At the same time, the microcomputer **2122** activates the sine wave generation circuit **2124** and a sine current flows through the tracking coil by the power amplifier **2125**. The objective lens **2103** wobbles in a sine wave form in a direction traversing the tracks.

[0134] As described above, the objective lens **2103** approaches the optical disc **2100** with wobbling in the direction traversing the tracks. When the focal point of the optical beam **2106** approaches the information surface of the optical disc **2100** and begins to traverse the tracks, the TE signal from the TE signal generation circuit **2102** is in the



sinc-wave form. The TE signal is sent to the amplification detection circuit **2121** via the BPF **2120**. Amplification detection means, i.e., the amplification detection circuit **2121**, measures the amplification of the TE signal with the optical beam moving in a direction orthogonal to the tracks. BPF **2120** removes noises. The passband of the BPF **2120** is the frequency of the TE signal. The frequency of the TE signal depends on the pitch and decentration of the tracks and the number of rotations of the optical disc. In terms of a usual optical disc unit and an optical disc, it ranges from tens Hz to several KHz.

[0135] The amplification of the TE signal is detected by the amplification detection circuit **2121**. When the amplification of the detected TE signal becomes a predetermined value or higher, the output from the comparator **2128** becomes high and the focal point of the optical beam is detected to be near the information surface. Then, the focal point of the optical beam passes the information surface. The FE signal which is output from the FE signal generation circuit **2115** crosses zero. At this time, the zero-cross signal is output from zero-cross detection means, i.e., the zero-cross detection circuit **2119**.

[0136] The microcomputer **2122** judges that the focal point is on the information surface of the optical disc **2100** when the output from the comparator **2128** is at the high-level and when the zero-cross signal is output from the zero-cross detection circuit **2119**. In this case, the microcomputer **2122** makes the potential at the control terminal d high and connects the terminal c and the terminal a of the switch **2117** to start the focus control operation.

[0137] The microcomputer **2122** controls rotations of the optical disc **2100** so that the number of rotations of the optical disc **2100** when the amplification detection circuit **2121** detects the amplification of the TE signal is smaller than the number of the rotations of the optical disc **2100** when the information recorded on the information surface of the optical disc **2100** is being reproduced. Such a control is achieved by, for example, by controlling the number of rotations of rotation means for rotating the optical disc, i.e., the motor **2127**. The microcomputer **2122** increases the number of rotations of the motor **2127** to the normal number of rotations for reproducing information after the focus control has been started. By lowering the number of rotations of the optical disc **2100** when the amplification of the TE signal is being detected as described above, the speed of in the focusing direction to the information surface, which may be increased due to the wobble of the optical disc **2100**, can be decreased. Accordingly, the time period during which the information surface is in the depth of focus can be longer, and thus the number of tracks across which the optical beam **2106** traverses can be increased. As a result, it is possible to detect the amplification of the TE signal accurately.

[0138] The microcomputer **2122** controls the strength of the optical beam such that the optical beam when the amplification detection circuit **2121** detects the amplification of the TE signal is smaller than the strength of the optical beam when the information recorded on the information surface of the optical disc **2100** is being reproduced. Such a control is achieved by controlling the light-emitting power of the laser **2109**. The microcomputer **2122** increases the light-emitting power of the laser **2109** to the normal power

for reproducing the information after the focus control has been started. By lowering the power of the optical beam when the amplification of the TE signal is being detected as described above, the information recorded on the optical disc **2100** can be prevented from being destroyed.

[0139] FIG. 5 shows an example of a change in the FE signal. In FIG. 5, a horizontal axis indicates a distance between the focal point of the optical beam **2106** focused with the objective lens **2103** and the information surface of the optical disc **2100**. A vertical axis indicates the level of the FE signal. The FE signal has a waveform similar to an s-shape. Hereinafter, the waveform is referred to as the s-shape waveform. The zero level of the FE signal indicates that the focal point of the optical beam matches the information surface (i.e., is focused). The level of the FE signal is at the maximum value when the distance is about  $10\ \mu\text{m}$ . As the distance becomes longer, the FE signal comes closer to zero. Thus, before the focus control operation, it is required to perform an initial operation for the focus control to bring the distance between the focal point of the optical beam **2106** and the information surface in the range L of FIG. 5.

[0140] FIG. 6 schematically shows the tracks formed on the optical disc **2100**. The optical beam **2106** is applied from the lower side in the figure. The tracks are convex portions with respect to the lower side in the figure. In FIG. 6, the information surface of the optical disc **2100** is indicated by the reference numeral **2101** and the surface of the optical disc **2100** is indicated by the reference numeral **2102**.

[0141] The tracking error detection scheme which is generally called a push-pull method is described. The push-pull method is also referred to as a far-field method. In this method, the TE signal is detected by a difference in outputs from the light-receiving sections of the photodetector divided in two and positioned symmetrically with respect to the center of the tracks, which receives an optical beam reflected and diffracted with the tracks on the optical disc **2100**.

[0142] FIG. 7 shows a waveform of the TE signal when the optical beam **2106** traverses the tracks. When the optical beam **2106** traverses the tracks, the TE signal is in the sine waveform. The TE signal is zero at the center of each of the tracks.

[0143] FIG. 8 shows waveforms of the signals when the objective lens **2103** gradually approaches the information surface of the optical disc **2100**. In FIG. 8, waveform (a) represents the output of the ramp generation circuit **2123**, waveform (b) represents the focal point, waveform (c) represents the FE signal, waveform (d) represents the zero-cross signal, waveform (e) represents the TE signal, waveform (f) represents an output from the amplification detection circuit **2121**, and waveform (g) represents the output of the comparator **2128**.

[0144] When the microcomputer **2122** starts the operation of the ramp generation circuit **2123** at time  $t_0$ , a current corresponding there to flows through the focusing coil. Thus, the objective lens **2103** gradually approaches the information surface of the optical disc **2100**. The zero-cross signal is output when the focal position matches the surface of the optical disc at time  $t_1$ . However, the level of the TE signal is zero at the optical disc surface. Thus, the output of



the comparator **2128** remains at the low level. Further, as the focal position further approaches the optical disc **2100**, the information surface enters the depth of focus. Thus, the TE signal is in the sine waveform. Accordingly, the output from the amplification detection circuit **2121** exceeds  $E_1$  and the output of the comparator **2128** becomes high.

[0145] At time  $t_3$ , the zero-cross signal is output when the focal point matches the information surface. As the objective lens **2103** is further raised, the information surface goes out of the depth of focus. Thus, the TE signal reaches the zero level. At time  $t_4$ , the output from the comparator **2128** becomes low. As described above, the zero-cross signal is output at the surface of the optical disc **2100**. However, since the output of the comparator **2128** is low, the information surface can be detected surely. Specifically, if the unit has the structure in which the microcomputer **2122** makes the potential at the control terminal d high to connect the terminal c and the terminal a of the switch **2117** at time  $t_3$ , the focusing to the information surface can be performed surely even if the reflectance of the information surface is low such as in the doublelayer optical disc.

[0146] FIG. 9 shows waveforms of the signals when the focusing is being performed. In FIG. 9, waveform (a) represents the output from the ramp generation circuit **2123**, waveform (b) represents the focal point, waveform (c) represents the FE signal, waveform (d) represents the zero-cross signal, waveform (e) represents the TE signal, waveform (f) represents the output from the amplification detection circuit **2121** and the waveform (g) represents the output from the comparator **2128**.

[0147] Waveform (h) represents the control signal which is output to the control terminal d of the switch **2117** by the microcomputer **2122**. At  $t_{10}$ , the ramp generation circuit **2123** starts operation. At time  $t_{12}$ , the output from the comparator **2128** becomes high.

[0148] At time  $t_{13}$ , the focal point matches the information surface and the zero-cross signal is output. The microcomputer **2122** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** high.

[0149] Therefore, the terminal c and the terminal a of the switch **2117** is connected and the focus control is operated. The focus control of the objective lens **2103** is performed such that the focal point is on the information surface.

[0150] The FE signal also crosses zero at the surface of the optical disc **2100**. However, the level of the TE signal at the surface of the optical disc **2100** is zero. Accordingly, the microcomputer **2122** does not activate the focus control. Thus, it is possible to perform the accurate focusing to the information surface.

[0151] In the case where the optical disc **2100** is a disc on which the information is prerecorded (for example, a ROM), the information surface may be detected based on an RF signal. Such detection can be achieved by adding a total internal reflection detection circuit and an RF detection circuit to the structure of the optical disc unit **2002** shown in FIG. 4.

[0152] (Embodiment 3)

[0153] FIG. 10 shows an exemplary structure of an optical disc unit **2003** of Embodiment 3. In FIG. 10, like blocks as

in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0154] FIG. 11 shows a plurality of tracks formed on an information surface of an optical disc **2150**. Each of the tracks is wavy. In the exemplary structure shown in FIG. 11, each of the tracks slightly wobbles in a radial direction thereof with a predetermined period W. These slight wobbles can be detected by the TE signals as a misalignment between the optical beam **2106** and the tracks. The optical disc **2150** may be a single-layer disc, or a multilayer disc, including a doublelayer disc.

[0155] FIG. 12 shows waveforms of the signals when the optical beam **2106** traverses the tracks with the focus control being performed, wherein (a) schematically represents the tracks. Waveform (b) represents a TE signal. Waveform (c) represents an output from a BPF **2151**. Hereinafter, the output from the BPF **2151** is referred to as a wobble signal. Amplification of the wobble signal is maximum when the optical beam **2016** locates at the center of a track and small when the optical beam **2016** is between the tracks. The BPF **2151** passes components due to slight wobbles in the radial direction of the tracks included in the TE signal. Accordingly, a pass band of the BPF **2151** depends on W and the number of rotations of the optical disc **2150**.

[0156] FIG. 13 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit **2003**. Waveform (a) represents the output from the ramp generation circuit **2123**, waveform (b) represents a focal point, waveform (c) represents the FE signal, waveform (d) represents a zero-cross signal, waveform (e) represents the wobble signal, waveform (f) represents the output from an amplification detection circuit **2121**, the waveform (g) represents the output from a comparator **2460** and waveform (h) represents the signal of the control terminal d of the switch **2117**. The microcomputer **2122** activates the ramp generation circuit **2123** at time  $t_{20}$ , and a current corresponding thereto is supplied to the focusing coil.

[0157] As described above, the objective lens **2103** gradually approaches the information surface of the optical disc **2150**. At time  $t_{21}$ , when the focal point matches a surface of the optical disc **2150**, the zero-cross signal is output. Since the level of the wobble signal is zero, the output from the comparator **2460** remains low. When the focal point further approaches the optical disc, at time  $t_{22}$  the information surface enters the depth of focus. Thus, the wobble signals become the sine wave form signals. The output from the amplification detection circuit **2121** exceeds  $E_2$ , and thus, the output from the comparator **2460** becomes high. At time  $t_{23}$ , when the focal point matches the information surface, the zero-cross signal is output. The microcomputer **2122** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** high and connects the terminal c and the terminal a to perform the focus control.

[0158] At the surface of the optical disc **2150**, the zero-cross signal is output. However, the output from the comparator **2460** is low. Thus, the microcomputer **2122** keeps the level of the potential of the control terminal low. In the switch **2117**, the terminal b and the terminal c are connected and the focus control is not performed. On the other hand, at the information surface of the optical disc **2150**, the zero-cross signal is also detected. In this case, the output from the comparator **2460** is high. Thus, the microcomputer

**2122** makes the potential at the control terminal d high. In the switch **2117**, the terminal a and the terminal c are connected and the focus control is performed.

[0159] With such a structure, even if the reflectance of the information surface is low as in the doublelayer optical disc, it is possible to surely detect the information surface and to surely perform the focusing.

[0160] (Embodiment 4)

[0161] FIG. 14 shows an exemplary structure of the optical disc unit **2004** according to Embodiment 4 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0162] A ramp generation circuit **2157** generates a signal varying at a constant speed when the potential at the terminal a becomes high. The polarity of the speed is positive when the potential at the terminal b is high and negative when the potential is low. The optical disc **2100** rotates at the predetermined number of rotations. A motor control circuit **2156** controls the motor **2127** so as to rotate with the predetermined number of rotations. A laser control circuit **2155** controls the laser **2109** so as to emit light at a predetermined power.

[0163] The focusing operation will be described. A microcomputer **2158** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** low, and connects the terminal c and the terminal b. Next, the microcomputer **2158** makes the potentials of the terminal a and the terminal b of the ramp generation circuit **2157** high. As a result, the ramp generation circuit **2157** generates a signal of a positive polarity varying at a constant speed. A current which corresponds to the output from the ramp generation circuit **2157** flows through the focusing coil by the power amplifier **2128**. As a result, the objective lens **2103** moves toward the optical disc **2100** (in an upper direction in the figure). When the focal point of the optical beam **2106** matches the surface of the optical disc **2100**, the first zero-cross signal is output from the zero-cross detection circuit **2119**.

[0164] The microcomputer **2158** changes the potential of the terminal b of the ramp generation circuit **2157** from high to low after a predetermined time period  $M_0$  has lapsed from the time when the first zero-cross signal was detected. As a result, the ramp generation circuit **2157** generates a signal of a negative polarity varying at a constant speed after the predetermined time period  $M_0$  has lapsed from the time when the first zero-cross signal was detected. Thus, the objective lens **2103** moves in a direction away from the optical disc **2100** (in a lower direction in the figure) and thus the focal point of the optical beam shifts in a direction toward the information surface of the optical disc **2100** (in a lower direction in the figure).

[0165] The predetermined time period  $M_0$  is set to be longer than the time for the focal point of the optical beam to reach the information surface. Specifically, the predetermined time period  $M_0$  is a time period during which the objective lens **2103** can further move in the same direction as the objective lens **2103** moves when the first zero-cross signal is detected by a predetermined distance larger than the thickness of the protective layer of the optical disc **2100**. The thickness of the protective layer of the optical disc **2100** is the distance between the surface of the optical disc **2100** and the information surface.

[0166] The focal point of the optical beam starts to shift toward the information surface after it passes through the information surface. When the focal point of the optical beam passes through the information surface again, the zero-cross detection circuit **2119** outputs the second zero-cross signal. When the microcomputer **2158** detects that the second zero-cross signal is output (i.e., the focus error signal crosses zero for the second time), it makes the potential at the control terminal d high and connects the terminal c and the terminal a of the switch **2117** to start the focus control.

[0167] FIG. 15 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit **2004**. In FIG. 15, waveform (a) represents the output of the ramp generation circuit **2157**, waveform (b) represents the focal point, waveform (c) represents the signal of the terminal b of the ramp generation circuit **2157**, waveform (d) represents the FE signal, waveform (e) represents the zero-cross signal, and waveform (f) represents the signal of the terminal d of the switch **2117**. The microcomputer **2158** starts the operation of the ramp generation circuit **2157** at time  $t_{30}$ , a current corresponding thereto flows through the focusing coil.

[0168] Accordingly, the objective lens **2103** gradually approaches the information surface of the optical disc **2100**. At time  $t_{31}$ , when the focal point matches the surface of the optical disc **2100**, the zero-cross signal is output.

[0169] The microcomputer **2158** sets the potential at the terminal b of the ramp generation circuit **2157** low when the time period  $M_0$  has lapsed after the first zero-cross signal was detected.

[0170] At time  $t_{32}$ , the focal point and the information surface matches. Thus, the zero-cross signal is output. The output from the ramp generation circuit decreased at a constant speed from time  $t_{33}$ . Thus, the focal point gradually approaches the information surface. At time  $t_{34}$  the focal point matches the information surface, and the zero-cross signal is output. The microcomputer **2158** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** high and connects the terminal c and the terminal a to start the focus control operation.

[0171] With such a structure, even if the reflectance of the information surface is low as in the doublelayer optical disc, it is possible to surely detect the information surface and to surely perform the focusing without requiring the TE signal.

[0172] In the present scheme, the focal point is once shifted above the information surface. Thus, it is not affected by the zero-cross signal at the surface of the optical disc **2100**.

[0173] The distance by which the focal point approaches the optical disc **2100** is limited relative to the surface of the optical disc **2100**. Thus, the objective lens **2103** does not collide into the surface of the optical disc **2100**. The predetermined time period  $M_0$  depends on the sensitivity of the focus actuator and the rate of change of the output signal from the ramp generation circuit **2157**.

[0174] In the present embodiment, the time period  $M_0$  has the predetermined amount. However, it may vary depending on a length of a time from time  $t_{31}$  to time  $t_{32}$ . The distance between the surface of the optical disc **2100** and the information surface is predetermined. Thus, the time for moving the distance is proportional to the sensitivity of the actuator.



[0175] Accordingly, even if the sensitivity of the actuator changes, it is possible to accurately shift the focal point to above the information surface.

[0176] (Embodiment 5)

[0177] FIG. 16 shows an exemplary structure of an optical disc unit 2005 according to Embodiment 5 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0178] The focusing operation will be described. A microcomputer 2160 sets zero as the number of rotations of the motor to the motor control circuit 2126. The laser control circuit 2155 controls the laser 2109 to emit light at a predetermined power. The microcomputer 2160 changes the potential at the control terminal d of the switch 2117 to low to connect the terminal c and the terminal b. Then, the microcomputer 2160 changes the potentials at both the terminal a and the terminal b of the ramp generation circuit 2157 to high. As a result, the ramp generation circuit 2157 generates a signal of a positive polarity varying at a constant speed. A current corresponding to the output of the ramp generation circuit 2157 flows through the focusing coil by a power amplifier 2118. As a result, the objective lens 2103 shifts toward the optical disc 2100 (in an upper direction in the figure).

[0179] The microcomputer 2160 changes the potential at the terminal b of the ramp generation circuit 2157 from high to low after a predetermined time period  $M_1$  has lapsed after the first zero-cross signal was detected. Thus, the ramp generation circuit 2157 generates a signal of a negative polarity varying at a constant speed after the predetermined time period  $M_1$  has lapsed since the first zero-cross signal was detected. As a result, the objective lens 2103 gradually recedes from the optical disc 2100.

[0180] The predetermined time period  $M_1$  is set to be sufficiently longer than the time for the focal point to reach the information surface. Specifically, the predetermined time period  $M_1$  is set to be a time period during which the objective lens 2103 can move by a distance larger than the thickness of the protective layer of the optical disc 2100. The microcomputer 2160 makes the potential at the control terminal d of the switch 2117 high when the first zero-cross signal after the potential at the terminal b of the ramp generation circuit 2157 is changed to low is detected, and connects the terminal c and the terminal a of the switch 2117 to start the focus control. The microcomputer 2160 activates the sine wave generation circuit 2124. If the output from the comparator 2128 is high, the microcomputer 2160 stops the operation of the sine wave generation circuit 2124 and sets a predetermined number of rotations to the motor control circuit 2126. If the output from the comparator 2128 is low, the ramp generation circuit 2157 is reset and the terminal c and the terminal b of the switch 2117 are connected to perform the focusing again.

[0181] FIG. 17 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit 2005. Waveform (a) represents the output from a ramp generation circuit 2157, waveform (b) represents a focal point, waveform (c) represents a signal at the terminal b of the ramp generation circuit 2157, waveform (d) represents the FE signal, waveform (e) represents the zero-cross signal, waveform (f) represents the TE signal,

waveform (g) represents a signal at the control terminal d of the switch 2117, waveform (h) represents the output from the comparator 2128, and waveform (i) represents a signal corresponding to the predetermined number of rotations sent by the motor control circuit 2126 to the motor 2127.

[0182] After the microcomputer 2160 starts the operation of the ramp generation circuit 2157 at time  $t_{40}$ , a current corresponding thereto flows through the focusing coil. Thus, the objective lens 2103 gradually approaches the information surface of the optical disc 2100 and passes through the information surface. The microcomputer 2160 sets the potential of the terminal b of the ramp generation circuit 2157 low at time  $t_{41}$  when a predetermined time period  $M_1$  has lapsed after time  $t_{40}$ . Then, the output from the ramp generation circuit 2157 starts to decrease at a constant speed from time  $t_{41}$ . Accordingly, the focal point gradually approaches the information surface and matches the information surface at time  $t_{42}$ . The zero-cross signal is output.

[0183] The microcomputer 2160 makes the potential at the control terminal d of the switch 2117 high and connects the terminal c and the terminal a of the switch 2117 to perform focus control. The microcomputer 2160 activates the sine wave generation circuit 2124 at time  $t_{43}$ . If the focal point of the optical beam is on the information surface, the optical beam traverses the tracks and the TE signal is in the sine wave form. If amplification detection means, i.e., the amplification detection circuit 2121, detects that the amplification of the TE signal is a predetermined value or more, the output from the comparator 2128 becomes high. The microcomputer 2160 determines that the focusing to the information surface is normally ended and sets the predetermined number of rotations to the motor control circuit 2126 at time  $t_{44}$ .

[0184] According to the present embodiment, whether the focusing is normally ended is determined before the motor 2127 is rotated. Thus, the motor 2127 is not rotated when the focusing is not normally performed and thus in the case where the objective lens 2103 collided into the surface of the optical disc 2100. Therefore, the optical disc 2100 is free from being damaged in a wide range. Further, even if the reflectance of information surface is low as in the double-layer optical disc, it is possible to surely detect the information surface and to surely perform the focusing.

[0185] The rotation control of the motor 2127 described in the present embodiment can be applied to any of the above-described embodiments.

[0186] (Embodiment 6)

[0187] FIG. 18 shows an exemplary structure of an optical disc unit 2006 according to Embodiment 6 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0188] In the present embodiment, a single rotation memory 2166 acts as storage means for storing displacement in a focusing direction of the actuator 2104 which corresponds to a rotation angle of an optical disc 2100.

[0189] The motor control circuit 2156 controls the motor 2127 to rotate at a predetermined number of rotations. The laser control circuit 2155 controls the laser 2109 to emit light at a predetermined power. A rotation angle detection circuit 2165 detects and outputs a rotation angle of the motor 2127.

Hereinafter, the signal is referred to as the rotation angle signal. The single rotation memory **2166** stores an input voltage of the power amplifier **2118** during a cycle of a single rotation of the optical disc **2100** in synchronization with the rotation angle signal. The stored value is output to an adder **2167** in synchronization with the rotation angle signal.

[0190] Such storage and output operations are controlled by a microcomputer **2168**.

[0191] In the structure of the present embodiment, an open loop gain of a focus control system can be measured.

[0192] The microcomputer **2168** sends a sine wave to the adder **2167** with the terminal c and the terminal a of the switch **2117** being closed and the focus control is being performed. An objective lens **2103** is controlled so as to follow the sine wave added to the focus control system. The microcomputer **2168** captures the FE signal in this state and calculates the open loop gain of the focus control system based on the relationship between the added sine wave and amplification and a phase of the FE signal. Based on the calculated gain value, the gain of the amplifier **2400** is changed so that the open loop has a predetermined gain. The predetermined gain is a gain assumed when a phase lead characteristic of a phase compensation circuit **2170** which will be described later is designed.

[0193] The phase compensation circuit **2170** is a filter for causing the phase to lead for stabilizing the focus control system.

[0194] In this structure, a phase characteristic can be switched to lead in a wide band or a narrow band. The focusing is performed with the phase characteristic set to lead in the wide band. Then, after the open loop gain of the focus control system is adjusted, the phase characteristic of the band is set to lead in the narrow band. Specifically, a period between the time when the focusing starts and the time when the open loop gain of the focus control system is adjusted, the phase characteristic is set to lead in the wide band. Due to variance in reflectances of the optical disc **2100** and variance in sensitivities of the focus actuator, the open loop gain deviates from the predetermined gain. Thus, when the focusing is performed, the focus control is performed with the phase characteristic set to lead in the wide band, and after a gain adjustment, it is returned to the state where the phase leads in a normal band.

[0195] Therefore, the focusing becomes stable, and it is possible to set the open loop gain after the gain adjustment higher than the open loop gain at the focusing.

[0196] The phase compensation circuit **2170** is described with reference to FIGS. 19 and 20.

[0197] FIG. 19 shows an exemplary structure of the phase compensation circuit **2170**. A first input terminal **2300** is connected to a first phase compensation circuit **2301** and a third phase compensation circuit **2303**. The first phase compensation circuit **2301** and a second phase compensation circuit **2302** are connected in series. An output of the second phase compensation circuit **2302** is connected to a terminal a of a switch **2304**. The third phase compensation circuit **2303** is connected in parallel with the first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** connected in series. The output thereof is

connected to a terminal b of the switch **2304**. A terminal c of the switch **2304** is connected to an output terminal **2306**. A signal from the output terminal **2306** is input to the single-rotation memory **2166** and the adder **2167**. A terminal d of the switch **2304** is connected to a second input terminal **2305**. The second input terminal **2305** is connected to the microcomputer **2168**.

[0198] FIG. 20 shows phase characteristics of the circuits included in the phase compensation circuit **2170**. In FIG. 20, the horizontal axis indicates frequencies and vertical axis indicates phases. The frequencies indicated by the horizontal axis are scaled by logarithm.

[0199] (a) in FIG. 20 represents a phase characteristic of the first phase compensation circuit **2301**. In the first phase compensation circuit **2301**, the phase leads within the band between the frequencies  $f_0$  and  $f_3$ .

[0200] (b) in FIG. 20 represents a phase characteristic of the second phase compensation circuit **2302**. In the second phase compensation circuit **2302**, the phase leads within the band between the frequencies  $f_2$  and  $f_5$ .

[0201] (c) in FIG. 20 represents a phase characteristic of the first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** connected in series. In this serial circuit, the phase leads within the band between the frequencies  $f_0$  and  $f_5$ .

[0202] (d) in FIG. 20 represents a phase characteristic of the third phase compensation circuit **2303**. In the third phase compensation circuit **2303**, the phase leads within the band between the frequencies  $f_1$  and  $f_4$ .

[0203] Thus, by switching the level of the second input terminal, the phase characteristic can be switched to lead in the wide band or in the narrow band.

[0204] The frequency at which the gain of the open loop becomes 0 dB is predetermined to be between  $f_2$  and  $f_3$ . Thus, the phase characteristic of the first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** connected in series is designed such that the phase leading becomes the maximum between frequencies  $f_2$  and  $f_3$ . The phase characteristic of the third phase compensation circuit **2303** is also designed such that the phase leading becomes the maximum between frequencies  $f_2$  and  $f_3$ . The phase compensation circuit of the serially connected first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** has a wider band for the phase to lead compared to the third phase compensation circuit **2303**. Thus, even if the open loop gain varies, a phase allowance can be secured, and thus the control system is stable. However, widening the band for phase to lead results in an increase in the gain of the phase compensation circuit **2170**. Thus, an excessive amount of current flows through the coil of the actuator due to noise or the like. In order to prevent this excessive current, when the serially connected first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** are used, it is preferable to reduce the open loop gain a little.

[0205] FIG. 21 shows waveforms when the focusing is performed. In FIG. 21, waveform (a) represents the output from a ramp generation circuit **2123**, waveform (b) represents a focal point, waveform (c) represents an input waveform of the comparator **2128**, waveform (d) represents an



output waveform of the single-rotation memory **2166**, waveform (e) represents the FE signal, waveform (f) represents a zero-cross signal, and waveform (g) represents a signal at the control terminal d of the switch **2117**. The microcomputer **2168** makes the potential at the second input terminal **2305** of the switch **2304** high and connects the terminal a and the terminal c such that the output signal from the serially connected first phase compensation circuit **2301** and the second phase compensation circuit **2302** is transmitted to the output terminal **2306**. Thus, the phase characteristic of the phase compensation circuit **2170** becomes the one having the wide band for the phase to lead.

[0206] The microcomputer **2168** makes the potential of the control terminal d of the switch **2117** low at time  $t_{50}$  and connects the terminal c and the terminal b of the switch **2117**. The ramp generation circuit **2123** generates a signal varying at a constant speed. A current corresponding to the output of the ramp generation circuit **2123** flows through the focusing coil by the power amplifier **2118**. Accordingly, the objective lens **2103** moves toward the optical disc **2100** (in an upper direction in the figure). When the focal point matches the surface of the optical disc **2100**, the first zero-cross signal is output. The microcomputer **2168** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** high at time  $t_{51}$  when the first zero-cross signal is detected, and connects the terminal a and the terminal c of the switch **2117** to perform the focus control.

[0207] The focus control is performed such that the focal point of the optical beam locates on the surface of the optical disc **2100**.

[0208] Since the optical disc **2100** wobbles, the objective lens **2103** moves up and down to follow the wobbles. Accordingly, the input level of the power amplification circuit **2118** before the single-rotation memory **2166** is activated is proportional to the wobbles.

[0209] The time period from time  $t_{51}$  to  $t_{52}$  is a cycle of a single rotation of the optical disc **2100**. The microcomputer **2168** commands the single-rotation memory **2166** to operate storage at time  $t_{51}$ . The single-rotation memory **2166** stores the level at the terminal b of the switch **2117** from  $t_{51}$  to  $t_{52}$ . Then, the single-rotation memory **2166** outputs the stored value to the adder **2167** at time  $t_{52}$  and after. The microcomputer **2168** makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** low at time  $t_{52}$ , thereby connecting the terminal c and the terminal b of the switch **2117**. The microcomputer **2168** makes the potentials at the terminal a and the terminal b of the ramp generation circuit **2123** high, and sends a command for reactivating the ramp generation circuit **2123**. Therefore, the output from the adder **2167** is a signal which is obtained by adding the output of the ramp generation circuit **2123** and the output of the single-rotation memory **2166**. The objective lens **2103** gradually approaches the optical disc **2100** in response to the output from the adder **2167**.

[0210] When the focal point matches the information surface at time  $t_{53}$ , the zero-cross signal is output. The microcomputer **2168** stops the output from the single-rotation memory **2166**, makes the potential at the control terminal d of the switch **2117** high, and connects the terminal c and the terminal a of the switch **2117**. Thus, the focus control is performed such that the focal point is on the information surface.

[0211] The microcomputer **2168** performs a gain adjustment, and the gain of the amplifier **2400** is changed such that the open loop gain of the focus control becomes the predetermined value.

[0212] The microcomputer **2168** makes the potential at the second input terminal **2305** of the switch **2304** low and connects the terminal b and the terminal c of the switch **2304** such that the output signal of the third phase compensation circuit **2303** is output. Thus, the phase characteristic of the phase compensation circuit **2170** is switched to lead in the narrow band.

[0213] According to the present embodiment, even if the optical disc **2100** has wobbles larger than the working distance, the objective lens **2103** and the optical disc **2100** do not collide.

[0214] FIG. 22 illustrates the working distance. The working distance is the shortest distance K between the surface of the optical disc **2100** and the upper surface of the objective lens **2103** when the focal point is on the information surface.

[0215] According to the present embodiment, the relative speed of the objective lens **2103** and the information surface of the optical disc **2100** is reduced to substantially zero. Thus, the focusing is stabilized.

[0216] As factors of variance in the open loop gain, variances in reflectance of the information surface of the optical disc **2100** and in the sensitivity of the focus actuator are described. In the case of a doublelayer optical disc, the amplification of the FE signal normalized by reflectance amount changes due to the light reflected off another information surface and thus the open loop gain varies. According to the present embodiment, the open loop gain is adjusted. Thus, even if the reflectance of information surface is low as in the doublelayer optical disc, it is possible to surely detect the information surface and to surely perform the focusing.

[0217] (Embodiment 7)

[0218] FIG. 23 shows an exemplary structure of an optical disc unit **2007** according to Embodiment 7 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0219] In the present embodiment, a photodetector **2113** acts as a photodetection means for detecting the light reflected off an optical disc **2187** having a plurality of information surfaces, after the optical beam is focused and applied to a predetermined information surface of the optical disc **2187**.

[0220] The FE signal generation circuit **2115** acts as focus error detection means for detecting a misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc **2187** based on an output from the photodetector **2113**.

[0221] A total internal reflection amount signal generation circuit **2183** acts as total internal reflection amount detection means for detecting a total internal reflection amount from the optical disc **2187** based on the output from the photodetector **2113**.

[0222] A divider **2185** acts as normalization means for dividing the output of the focus error detection means by a

value obtained by subtracting a signal value corresponding to the reflection amount of the light reflected off the information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc from the output of the total internal reflection amount detection means.

[0223] The optical disc **2187** is a doublelayer optical disc having two information surfaces, i.e., a first information surface and a second information surface, on one side. The motor control circuit **2156** controls the motor **2127** to rotate at a predetermined number of rotations. The laser control circuit **2155** controls the laser **2109** so as to emit light at a predetermined power. The light reflected off the optical disc **2187** incident on the photodetector **2113** and is sent to the focus error signal generation circuit **2115**, and the total internal reflectance amount signal generation circuit **2183**. The total internal reflectance amount signal generation circuit **2183** detects and outputs the total internal reflectance reflected off the optical disc **2187** and incidents on the photodetector **2113**. Hereinafter, the output from total internal reflectance amount signal generation circuit **2183** is referred to as total internal reflectance amount signal.

[0224] The total internal reflectance amount signal is sent to the terminal b of the divider **2185** via a subtractor **2184**. An FE signal is input to the terminal a of the divider **2185**. The divider **2185** divides the signal input to the terminal a by the signal input to the terminal b and then outputs from the terminal c. The divider **2185** maintains the constant level of the FE signal without the amplification level of the FE signal being affected by the changes in the reflectances of the information surfaces of the optical disc **2187**. Hereinafter, the output of the divider **2185** is referred to as the normalization FE signal. The output of the divider **2185** is sent to the power amplifier **2118** via the phase compensation circuit **2116** and the switch **2117**.

[0225] Thus, even when the reflectance of the information surface of the optical disc **2187** is changed, the gain of the open loop does not change. However, in the doublelayer optical disc, light reflected off the information surfaces other than the information surface on which the focal point locates incidents on the photodetector **2113**. Thus, even though the FE signal is normalized with the total internal reflectance, the level of the FE signal lowers. The subtractor **2184** compensates for the amount of the light reflected off other information surfaces. A switch **2186** is connected to the subtractor **2184**. A first reference voltage **2181** and a second reference voltage **2182** are connected to the switch **2186**. The switch **2186** outputs a signal of either of them by a command from the microcomputer **2180**.

[0226] The first reference voltage **2181** corresponds to an amount of light reflected off the second information surface in the case where the focal point is on the first information surface. The second reference voltage **2182** corresponds to an amount of light reflected off the first information surface in the case where the focal point is on the second information surface. Accordingly, the subtractor **2185** outputs a signal representing the reflectance amount of the first information surface or second information surface from which the amount of light reflected off the other information surface is removed.

[0227] The level of the first reference voltage **2181** and the second reference voltage **2182** depends on the characteristic of the optical head **2114**, reflectance of the optical disc **2187**,

and the like. When the focal point of the optical beam is shifted from the information surface to the second information surface, the microcomputer **2180** makes the control terminal d of the switch **2117** low and connects the terminal c and the terminal b of the switch **2117**.

[0228] The microcomputer **2180** sends a drive voltage of the focusing coil for moving the focal point of the optical beam from the first information surface to the second information surface via a D/A converter. After the focal point is shifted, the control terminal d of the switch **2117** is changed to be high again. The terminal c and the terminal a are connected to operate the focus control. As described above, the switch **2186** is switched depending on whether the focal point of the optical beam is on the first information surface or on the second information surface. Thus, it is possible to change a signal value corresponding to the amount of light reflected off the information surfaces other than the information surface of the optical disc **2187** on which the focal point of the optical beam locates, which is input to the normalization means, i.e., the subtractor **2185**, in accordance with the information surface (i.e., the signal value which is input to the terminal b of the subtractor **2185**).

[0229] FIG. 24 illustrates the doublelayer optical disc **2187** and the optical beam **2106**. In the example shown in Figure 24, the focal point is on the first information surface. In the case of reproducing the information recorded on the first information surface, the focus control is performed such that the focal point is on the first information surface. In the case of reproducing information recorded on the second information surface, the focus control is stopped, the objective lens **2103** is brought closer to the optical disc **2187**, and after the focal point is shifted to the second information surface, the focus control is performed again.

[0230] In the case where the focal point is on the first information surface, the optical beam **L1** is reflected off the first information surface and incidents on the photodetector **2113**. The FE signal is generated by the optical beam **L1**.

[0231] However, a portion of the optical beam **L2** transmitted through the first information surface and reflected off the second information surface incidents on the photodetector **2113**. The reflected light does not affect the FE signal but increases the total internal reflection amount signal. Thus, when the FE signal is normalized with the total internal reflection amount signal, the level of the FE signal is decreased by the amount of the optical beam **L2**. The amounts of the light reflected off the other information surface are different in the case where the focal point is on the first information surface and in the case where the focal point is on the second information surface.

[0232] Next, the operation for moving the focal point from the first information surface to the second information surface is described.

[0233] FIG. 25 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit **2007**. Waveform (a) represents the FE signal after normalization, waveform (b) represents an output waveform of D/A converter of the microcomputer **2180**, waveform (c) represents a waveform from the terminal d of the switch **2186**, and waveform (d) represents a signal output to the terminal d of the switch **2117**. The microcomputer **2180** outputs an acceleration pulse for moving the focal point to the second information surface from time  $t_{60}$  via the



D/A converter. Thus, the objective lens **2103** moves toward the second information surface and the focal point also shifts toward the second information surface. The microcomputer **2180** detects that the level of the normalized FE signal becomes  $-E_3$  at time  $t_{61}$  and stops the acceleration pulse. When the normalized FE signal crosses zero at time  $t_{62}$ , the terminal c of the switch **2186** is switched from the terminal a to the terminal b and connected thereto. When the level of the normalized FE signal is  $E_3$  at time  $t_{63}$  the decelerate pulse is output. The decelerate pulse is output during the period in which the level of the normalized FE signal is  $E_3$  or higher, i.e., until time  $t_{64}$ .

[0234] The microcomputer **2180** connects the terminal c and the terminal a of the switch **2117** when the normalized FE signal crosses zero at time  $t_{65}$  and the focus control is performed again. The time when the accelerate pulse and the decelerate pulse are output is controlled based on the FE signal normalized with the total internal reflection amount signal from which the amount of light reflected off the other information surfaces is removed. Therefore, it is possible to detect the timing accurately and the focal point can shift between the information surfaces stably.

[0235] (Embodiment 8)

[0236] FIG. 26 shows an exemplary structure of an optical disc unit **2008** according to Embodiment 8 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0237] A photodetector **2188** has five light-receiving sections. With respect to Embodiment 2, the photodetector **2113** provided with 4 light-receiving sections is described. In the present embodiment, a light-receiving section surrounding the outside of the 4 light-receiving sections is further provided and acts as stray light detection means for detecting light reflected off information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc.

[0238] In the present embodiment, the photodetector **2188** is composed of the 4 light-receiving sections which form the photodetector **2113** described with reference to Embodiment 2, and the stray light detection means, i.e., the light receiving section provided so as to surround the outside of the 4 light-receiving sections. The total light amount of the light receiving sections located inside the light-receiving section which is the stray light detection means is a total internal reflection amount signal. This is the amount of the light received in the part corresponding to the photodetector **2113** described in Embodiment 2.

[0239] As described with reference to FIG. 24, light reflected off the second surface in the case where the focal point is on the first information surface incidents on the entire photodetector **2188**. Most of the light reflected off the first information surface incidents on the inner light-receiving sections. Accordingly, the light reflected off the second information surface incident on the inner light-receiving section is proportional to the light amount incident on the outer light-receiving section.

[0240] The value obtained by multiplying the light amount of the outer light-receiving section by a predetermined coefficient  $K$  is subtracted from the total internal reflection amount signal by the subtractor **2184**. Thus, the total internal

reflection amount signal without an effect of light reflected off other information surfaces is obtained.

[0241] FIG. 27 schematically shows the structure of the photodetector **2188**. The inner 4 light receiving sections correspond to the photodetector **2113**. The outer light-receiving section is the added portion. The operation of shifting the focal point from the first surface to the second surface is similar to that of Embodiment 7, and thus the explanation is omitted.

[0242] (Embodiment 9)

[0243] FIG. 28 shows an exemplary structure of an optical disc unit **2009** according to Embodiment 9 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0244] The optical disc **2187** is a doublelayer optical disc having two information surfaces on one side. The motor control circuit **2156** controls the motor **2127** so as to rotate with a predetermined number of rotations. The laser control circuit **2155** controls the laser **2109** so as to emit light at a predetermined power.

[0245] The operation for detecting light reflected off other information surfaces is described. A microcomputer **2195** changes level a the control terminal e of a switch **2196** to connect a terminal d and a terminal b. Also, the microcomputer **2195** changes the level at a control terminal e of a switch **2410** to connect a terminal d and a terminal c. The terminal c of the switch **2410** is set to zero level. The microcomputer **2195** activates the ramp generation circuit **2123**. The output from the ramp generation circuit **2123** is sent to the power amplifier **2118** via the switch **2196**. Thus, the objective lens **2103** approaches the optical disc **2187**. An s-shape waveform is first output at the surface of the optical disc **2187**. Next, an s-shape waveform is output at the first information surface. Then, an s-shape waveform is output at the second information surface.

[0246] The microcomputer **2195** measures amplification  $H_1$  of the s-shape waveform at the first information surface and amplification  $H_2$  of the s-shape waveform at the second information surface. The microcomputer **2195** prestores amplification  $H_s$  of an s-shape waveform at a single-layer optical disc and the level of a total internal reflection amount signal  $C_s$  in the case where the focal point is on the information surface. The microcomputer **2195** sets  $Q_1$  obtained from formula (2) to the terminal a of the switch **2410** as light reflected off other information surfaces, at the first information surface.  $Q_2$  obtained from formula (3) is set to the terminal b of the switch **2410** as light reflected off other information surfaces, at the second information surface.

$$Q_1 = C_s \cdot (1 - (H_1/H_s)) \quad (2)$$

$$Q_2 = C_s \cdot (1 - (H_2/H_s)) \quad (3)$$

[0247] After  $Q_1$  and  $Q_2$  are obtained, the focusing is performed again. Specifically, the microcomputer **2195** changes the level at the control terminal e of the switch **2196** to connect terminal d and terminal b. Also, the microcomputer **2195** changes the level at the control terminal e of the switch **2410** to connect the terminal d and the terminal a. The microcomputer **2195** activates the ramp generation circuit **2123**. The output from the ramp generation circuit **2123** is



sent to the power amplifier **2118** via the switch **2196**. Thus, the objective lens **2103** approaches the optical disc **2187**. When the microcomputer **2195** detects the first information surface, it changes the level of the control terminal e of the switch **2196** and connects the terminal d and terminal a to start the focus control operation. In the case where the focal point is shifted to the second information surface, the microcomputer **2195** changes the level at the control terminal c of the switch **2196** to connect the terminal d and the terminal c, and outputs an acceleration pulse to the terminal c of the switch **2196** via the D/A converter. Also, the microcomputer **2195** changes the level at the control terminal e of the switch **2410** to connect the terminal d and the terminal b. The microcomputer **2195** changes the level at the control terminal e of the switch **2196** to connect the terminal d and terminal a again to start the focus control operation. In other words, in the case where the focal point of the optical beam is shifted, the switch **2410** is switched in accordance to the information surfaces. When the focal point is on the first information surface, the terminal a and the terminal d are connected, and when the focal point is on the second information surface, the terminal b and the terminal d are connected.

[0248] FIG. 29 shows waveforms of the signals used in the optical disc unit **2009**. In FIG. 29, waveform (a) represents an output of the ramp generation circuit **2123**, waveform (b) represents the focal point, and waveform (c) represents the normalized FE signal which is the output of subtractor **2185**. The microcomputer **2195** activates the ramp generation circuit **2123** at time  $t_{70}$ . Thus, the focal point approaches the optical disc **2187**, and the level of the normalized FE signal at the surface exceeds  $E_4$  at time  $t_{70}$ . Further, the focal point of the optical beam approaches the optical disc **2187**, and the level of the normalized FE signal becomes lower than  $-E_4$  at time  $t_{72}$ .

[0249] The microcomputer **2195** detects that the focal point of the optical beam passes through the surface of the optical disc **2187**. As the objective lens **2103** is further raised, the level of the normalized FE signal at the first information surface exceeds  $E_4$  at time  $t_{73}$ . The microcomputer **2195** measures and stores the maximum value  $a_1$  of the normalized FE signal during the period until the level of the normalized FE signal becomes  $E_4$  again. At time  $t_{74}$ , the level of the normalized FE signal becomes lower than  $-E_4$ . The microcomputer **2195** measures and stores the level of the minimum value  $b_1$  of the normalized FE signal during the period in which the level of the normalized FE signal becomes  $-E_4$  again.  $b_1$  is a negative value. The value obtained by subtracting  $b_1$  from  $a_1$  is amplification  $H_1$  of the s-shape waveform at the first information surface. As the objective lens **2103** is further raised, the focal point of the optical beam further approaches the optical disc **2187**. At time  $t_{75}$ , the level of the normalized FE signal exceeds  $E_4$ . The microcomputer **2195** measures and stores the maximum value  $a_2$  of the normalized FE signal during the period until the level of the normalized FE signal becomes  $E_4$  again. At time  $t_{76}$ , the level of the normalized FE signal becomes lower than  $-E_4$ . The microcomputer **2195** measures and stores the level of the minimum value  $b_2$  of the normalized FE signal during the period until the level of the normalized FE signal becomes  $-E_4$  again. The value obtained by subtracting  $b_2$  from  $a_2$  is amplification  $H_2$  of the s-shape waveform at the second information surface.

[0250] The microcomputer **2195** calculates  $Q_1$  and  $Q_2$  using the above two formulas. In Embodiment 9, the light amount reflected off the other information surfaces is detected with the amplification of the normalized FE signal when the focal point passes through the information surface. However, when the amplification of the normalized FE signal decreases, the open loop gain of the focus control system decreases proportionally. The focus gain measurement means (not shown) may be used to measure the open loop gain of the focus control system, and based on a ratio of the measured gain and the gain for the single-layer optical disc, values of the terminal a and the terminal b of the switch **2410** may be set.

[0251] (Embodiment 10)

[0252] FIG. 30 shows an exemplary structure of an optical disc unit **2010** according to Embodiment 10 of the present invention. Like blocks as in the above embodiments are indicated by like reference numerals, and the explanations thereof are omitted.

[0253] In the present embodiment, a hologram element **2250** acts as optical beam splitting means for splitting light which is reflected off the optical disc **2187**, after the optical beam is focused and applied to a predetermined information surface of the optical disc **2187**, into light of an inner region close to an optical axis and light of an outer region far from the optical axis.

[0254] An inner FE signal generation circuit **2258** acts as inner focus error detection means for detecting a misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc **2187** based on the light of the inner region. An outer FE signal generation circuit **2254** acts as outer focus error detection means for detecting a misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc based on the light of the outer region.

[0255] The optical disc **2187** is a doublelayer disc having two information surfaces on one side. The optical disc **2187** rotates at a predetermined number of rotations. The laser **2109** emits light at a predetermined power.

[0256] The light emitted from the laser **2109** becomes parallel light by a collimate lens **2430** and transmits through a beam splitter **2256**.

[0257] The transmitted optical beam **2106** is condensed on the optical disc **2187** by the objective lens **2103** as condensing means. The condensed optical beam is reflected/diffracted by the tracks on the optical disc **2187**.

[0258] The reflected/diffracted optical beam transmits the objective lens **2103** again and is reflected off the beam splitter **2256**.

[0259] The reflected optical beam **2106** is separated into diffraction light and 0th order light by the hologram element **2250** as the optical beam splitting means. The 0th order light passes through the hologram element **2250** is condensed by the detection lens **2111**, is given astigmatism of 450 relative to the tracks by the cylindrical lens **2112**, and enters a photodetector **2253**.

[0260] The photodetector **2253** receives the light and outputs a signal. The signal is input to a controlling FE

signal generation circuit **2257**. The controlling FE signal generation circuit **2257** generates a controlling FE signal.

[0261] The controlling FE signal is sent to the power amplifier **2118** via the phase compensation circuit **2116** and the switch **2117**. Thus, a current flows through the focusing coil in accordance with the controlling FE signal.

[0262] +1st order light and -1st order light diffracted with the hologram element **2250** is condensed by the detection lens **2111**, is given astigmatism of 450 relative to the tracks by the cylindrical lens **2112**, and enters the photodetector **2253**.

[0263] The photodetector **2253** receives the light, the optical beam reflected off the optical disc, divides it into the optical beam light of the inner region closer to the optical axis and the optical beam light of the outer region far from the optical axis, and outputs signals. The signals are respectively sent to the inner and outer FE signal generation circuits **2258** and **2254**.

[0264] In the doublelayer optical disc, each of the first and second information layers has a protective layer of different thickness. Thus, spherical aberration is generated. The optical head is designed such that the spherical aberration is zero when the thickness of the protective layer is that between the thicknesses of the protective layers of the first and the second information surfaces. Thus, in the first information surface, the thickness of the protective layer is thin, and in the second information surface, the thickness of the protective layer is thick. Accordingly, the spherical aberrations at the first and the second information surfaces have reversed polarities.

[0265] Due to the spherical aberration, in the case where the focal point is on the first information surface (i.e., in the case where the level of the controlling FE signal is 0 at the first information surface), the level of the inner FE signal becomes positive and the level of the outer FE signal becomes negative.

[0266] In the case where the focal point is on the second information surface (i.e., in the case where the level of the controlling FE signal is 0 at the second information surface), the level of the inner FE signal becomes negative and the level of the outer FE signal becomes positive.

[0267] When the focal point of the optical beam is shifted from the first information surface to the second information surface, the terminal c and the terminal b of the switch **2117** are connected.

[0268] The microcomputer **2255** sends a drive voltage of the focusing coil for shifting the focal point of the optical beam from the first information surface to the second information surface to the terminal b of the switch **2117** via the D/A converter. The focal point of the optical beam starts to shift toward the second information surface. The microcomputer **2255** stops an acceleration pulse when the outer FE signal crosses zero and outputs a deceleration pulse.

[0269] When the focal point of the optical beam is shifted from the first information surface to the second information surface, the outer FE signal first crosses zero near the second information surface, and then the controlling FE signal crosses zero. Then, when the outer FE signal crosses zero again, the microcomputer **2255** stops the deceleration pulse.

[0270] Then, when the controlling FE signal crosses zero, the terminal c and the terminal a of the switch **2117** are connected. The focus control is performed again.

[0271] Next, with reference to **FIG. 31**, the relationship between the spherical aberration and the focal point is described. **FIG. 31** illustrates the outer and inner focal points of the optical beam when the controlling FE signal is zero at the first information surface.

[0272] As described above, in the first information surface, the thickness of the protective layer is smaller than the optimal value. The spherical aberration is as illustrated. The outer optical beam focuses on a position close to the objective lens **2103**. The inner optical beam focuses on a position far from the objective lens **2103**.

[0273] In the case where the controlling signal is zero at the second information surface, the thickness of the protective layer is larger than the optimal value. Thus, the outer optical beam focuses on a position far from the objective lens **2103**. The inner optical beam focuses on a position close to the objective lens **2103**.

[0274] Thus, when the objective lens **2103** approaches the information surfaces, the outer FE signal and the inner FE signal are in the waveforms as shown in **FIG. 32**. The solid line represents the inner FE signal and the broken line represents the outer FE signal. The controlling FE signal is an average of the outer FE signal and the inner FE signal.

[0275] As described above, when the focal point is shifted from the first information surface to the second information surface, the outer FE signal first crosses zero near the second information surface, and then the controlling FE signal crosses zero.

[0276] Next, an operation for shifting the focal point from the first information surface to the second information surface is described.

[0277] **FIG. 33** shows waveforms of the signals used in the optical disc unit **2010**. Waveform (a) represents the FE signal, waveform (b) represents waveform at the terminal d of the control **2117**, and waveform (c) represents an output of the D/A converter of the microcomputer **2255**. In waveform (a), the broken line represents the outer FE signal, a thick solid line represents the inner FE signal, and the fine solid line represents the controlling FE signal.

[0278] The microcomputer **2255** outputs the acceleration pulse for shifting the focal point to the second information surface from time  $t_{70}$ . Thus, the focal point shifts toward the second information surface. The microcomputer **2255** detects that the level of the outer FE signal is zero at time  $t_{71}$  and stops the acceleration pulse. Then, the microcomputer **2255** outputs the deceleration pulse.

[0279] The microcomputer **2255** stops the deceleration pulse at time  $t_{72}$ , and connects the terminal c and the terminal a of the switch **2117** at time  $t_{71}$  when the controlling FE signal crosses zero to perform the focus control again.

[0280] According to the optical disc unit of the present embodiment, it is possible to stop the deceleration pulse in an accurately timed manner compared to the case where the deceleration pulse is stopped based on the level of the controlling FE signal because the deceleration pulse can be stopped at the time when the outer FE signal crosses zero.



As a result, it is possible to shift the focal point of the optical beam from one information surface to another information surface stably.

[0281] In the case where the optical system is not designed such that the spherical aberration is zero when the thickness of the protective layer is that between the thicknesses of the protective layers of the first and second information surfaces, timing may be determined by using the inner FE signal.

[0282] In such a case, in accordance with the information on the spherical aberration of depending on the thickness of the protective layer which is between the thicknesses of the protective layers of the first and second information surfaces, at least one of the outer FE signal and the inner FE signal maybe appropriately selected. Based on this signal, the actuator 2104 may be driven and the focal point of the optical beam may be shifted from one information surface to another information surface.

#### INDUSTRIAL APPLICABILITY

[0283] In an optical disc unit according the present invention, focus control to an information recording layer of an optical disc is performed after focus control to a surface of a protective layer of the optical disc is performed. Thus, the working distance is substantially extended by the thickness of the protective layer. As a result, it is possible to significantly reduce the possibility of an objective lens colliding into the optical disc surface even when an optical head having a large NA is used.

[0284] In another optical disc unit according to the present invention, only when amplification of a tracking error signal is detected to be a predetermined value or higher, the focus control is allowed to be started. Thus, without referring to the level of total internal reflection amount, it is possible to distinguish the optical disc surface and the information surface. As a result, even if the difference in levels of the total internal reflection amount of the optical disc surface and the total internal reflection amount of the information surface is small (for example, in the case of the doublelayer optical disc), the focusing to the information surface can be surely performed.

[0285] In another optical disc unit according to the present invention, in response to the detection of the focus error signal crossing zero for the second time, the focus control to the information surface is started. Thus, without referring to the level of the total internal reflection amount, it is possible to distinguish the optical disc surface and the information surface. As a result, even if a difference in the levels of the total internal reflection amount of the optical disc surface and the total internal reflection amount of the information surface is small (for example, in the case of the doublelayer optical disc), the focusing to the information surface can be surely performed.

[0286] In another optical disc unit according to the present invention, after wobbles of the optical disc surface have been learnt, focus control to the information surface is started. Thus, the focusing control to the information surface is performed to the optical disc surface of which wobbles has been learnt. As a result, it is possible to significantly reduce the possibility of the objective lens colliding into the optical disc due to wobbles of the optical disc.

[0287] In another optical disc unit according to the present invention, means for accurately calculating the total internal reflectance from the particular information surface (normalization means) is provided. Thus, the effects of the light reflected off information surfaces other than the particular information surface can be removed.

1. An optical disc unit for an optical disc having one or more information recording layers and one or more protective layers formed on the information recording layers, comprising:

reflective surface detection means for detecting a reflective surface;

focus control means for performing focus control to the reflective surface such that a distance between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and the reflective surface is within a predetermined error limit;

shift means for shifting the position of the focal point in a direction perpendicular to the optical disc; and

control means for controlling the focus control means and the shift means,

wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward the protective layer until a surface of the protective layer is detected by the reflective surface detection means,

the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the protective layer when the surface of the protective layer is detected,

the control means controls the shift means to release the focus control to the surface of the protective layer and shifts the focal point of the optical beam toward the information recording layer until a surface of the information recording layer is detected by the reflective surface detection means, and

the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the information recording layer when the surface of the information recording layer is detected.

2. An optical disc unit according to claim 1, wherein a feedback gain of the focus control to the surface of the protective layer and a feedback gain of the focus control to the surface of the information recording layer are set such that the product of the feedback gain of the focus control to the surface of the protective layer and a reflectance of the surface of the protective layer is equal to the product of the feedback gain of the focus control to the surface of the information recording layer and a reflectance of the surface of the information recording layer.

3. An optical disc unit according to claim 1, wherein:

information indicating the reflectance of the information recording layer is formed beforehand on the surface of the protective layer,

the control means reads the information from the surface of the protective layer while the focus control to the surface of the protective layer is performed, and sets the feed back gain of the focus control to the surface of the information recording layer based on the information.

4. An optical disc unit according to claim 1, wherein the reflectance of the surface of the protective layer is 3% to 5%.

5. An optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces having a plurality of tracks formed thereon, comprising:

tracking error detection means for detecting a misalignment between an optical beam applied to the optical disc and one of the plurality of the tracks corresponding thereto, and outputting a tracking error signal indicating the misalignment;

amplification detection means for detecting amplification of the tracking error signal;

focus control means for performing focus control such that a distance between a focal point of the optical beam and the information surface is within a predetermined error limit;

shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam toward the optical disc; and

control means for controlling the focus control means and the shift control means,

wherein the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam is shifted in a direction traversing tracks formed on the information surface of the optical disc and approaches the optical disc with an operation of the focus control means stopped; and

the control means allows the focus control means to start the operation only when the amplification of the tracking error signal is detected to become a predetermined value or higher by the amplification detection means.

6. An optical disc unit according to claim 5, wherein each of the plurality of the tracks formed on the information surface is wavy.

7. An optical disc unit according to claim 5, further comprising zero-cross detection means for detecting that a focus error signal indicating a misalignment between the focal point of the optical beam and the information surface crosses zero,

wherein the control means starts an operation of the focus control means when the amplification of the tracking error signal is detected to become the predetermined value or higher by the amplification detection means and the focus error signal is detected to cross zero by the zero-cross detection means.

8. An optical disc unit according to claim 5, further comprising a band-pass filter,

wherein the tracking error signal is supplied to the amplification detection means via the band-pass filter.

9. An optical disc unit according to claim 5, wherein the control means controls rotations of the optical disc such that the number of rotations of the optical disc when the amplification of the tracking error signal is detected by the amplification detection means is smaller than the number of rotations of the optical disc when information recorded on the information surface of the optical disc is being reproduced.

10. An optical disc unit according to claim 5, wherein the control means controls strength of the optical beam such that strength of the optical beam when the amplification of the tracking error signal is detected by the amplification detec-

tion means is smaller than strength of the optical beam when information recorded on the information surface of the optical disc is being reproduced.

11. An optical disc unit according to claim 5, wherein the control means performs the focus control with rotations of the optical disc stopped and controls the rotations of the optical disc such that the optical disc starts to rotate after the distance between the focal point of the optical beam and the information surface is detected to be within the predetermined error limit.

12. An optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces, comprising:

focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and a predetermined surface;

shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc;

focus control means for performing focus control to the predetermined surface such that a distance between the focal point of the optical beam and the predetermined surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the focus error signal;

zero-cross detection means for detecting that the focus error signal crosses zero; and

control means for controlling the focus control means and the shift means, wherein

the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts in a first direction toward a surface of the optical disc until the focus error signal is detected to cross zero for the first time by the zero-cross detection means,

the control means controls the shift means such that, when the focus error signal is detected to cross zero for the first time, the focal point of the optical beam further shifts in the first direction by a predetermined distance which is larger than a distance between the surface of the optical disc and the information surface,

the control means controls the shift means such that, until the focal point of the optical beam has been further shifted in the first direction by the predetermined distance and when the focus error signal is detected to cross zero for the second time by the zero-cross detection means, the focal point of the optical beam is shifted toward the information surface in a second direction opposite to the first direction, and

the control means controls the focus control means to perform the focus control to the information surface when the focus error signal is detected to cross zero for the second time.

13. An optical disc unit according to claim 12, wherein the control means performs the focus control with rotations of the optical disc stopped and controls the rotations of the optical disc such that the optical disc starts to rotate after the distance between the focal point of the optical beam and the information surface is detected to be within the predetermined error limit.

**14.** An optical disc unit for an optical disc having one or more information surfaces, comprising:

focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of an optical beam applied to the optical disc and a predetermined surface;

shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc;

focus control means for performing focus control to the predetermined surface such that the distance between the focal point of the optical beam and the predetermined surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the focus error signal;

zero-cross detection means for detecting that the focus error signal crosses zero; and

control means for controlling the focus control means and the shift means, wherein

the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward a surface of the optical disc until the focus error signal is detected to cross zero for the first time by the zero-cross detection means,

the control means controls the focus control means to perform focus control to the surface of the optical disc when the focus error signal is detected to cross zero for the first time,

the control means stores displacement information indicating displacement of the shift means in accordance with a rotation angle of the optical disc in storage means while the focus control to the surface of the optical disc is performed,

the control means controls the shift means such that the focal point of the optical beam shifts toward the information surface based on the displacement information stored in the storage means with an operation of the focus control means stopped until the focus error signal is detected to cross zero for the second time by the zero-cross detection means, and

the control means controls the focus control means to perform the focus control to the information surface when the focus error signal is detected to cross zero for the second time.

**15.** An optical disc unit according to claim 14, wherein the focus control means controls phase compensation such that a band in which a phase leads is wider, compared to when information recorded on the optical disc is being reproduced, for a predetermined period after the focus control means has started the operation.

**16.** An optical disc unit according to claim 14, wherein the focus control means sets a gain such that the gain is smaller, compared to when information recorded on the optical disc is being reproduced, for a predetermined period after the focus control means has started the operation.

**17.** An optical disc unit for an optical disc having a plurality of information surfaces, comprising:

photodetection means for detecting light reflected off the optical disc when an optical beam is applied to a predetermined surface among the plurality of information surfaces;

focus error detection means for outputting a focus error signal indicating a misalignment between a focal point of the optical beam and the predetermined information surface based on an output from the photodetection means;

total internal reflection amount detection means for detecting an amount of total internal reflection off the optical disc based on the output from the photodetection means; and

normalization means for generating a normalized focus error signal by dividing the focus error signal by a value obtained by subtracting a signal value corresponding to a reflection amount reflected off information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc from the output of the total internal reflection amount detection means.

**18.** An optical disc unit according to claim 17, further comprising:

shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc;

focus control means for performing focus control such that a distance between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface is within a predetermined error limit by controlling the shift means based on the normalized focus error signal; and

focus gain measurement means for measuring a gain of a system of the focus control,

wherein the signal value varies depending on an output from the focus gain measurement means.

**19.** An optical disc unit according to claim 17, further comprising shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc,

wherein the signal value varies such that amplification of the normalized focus error signal is a constant value when the shift means is driven such that the focal point of the optical beam passes through the predetermined information surface of the optical disc.

**20.** An optical disc unit according to claim 17, wherein the signal value varies depending on each of the plurality of the information surfaces.

**21.** An optical disc unit according to claim 20, further comprising stray light detection means for detecting light reflected off information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc on which the focal point of the optical beam is located,

wherein the signal value varies based on an output from the stray light detection means.

**22.** An optical disc unit according to claim 17, further comprising:

shift means for shifting the position of the focal point of the optical beam in a direction perpendicular to the optical disc; and



control means for controlling the shift means based on the normalized focus error signal so as to control the shift means to shift the focal point of the optical beam to information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc.

**23.** An optical disc unit according to claim 22, wherein:

the photodetection means further includes optical beam splitting means for splitting light reflected off the optical disc into light of an inner region near an optical axis and light of an outer region far from the optical axis;

the focus error detection means includes inner focus error detection means for detecting a misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc based on

the light of the inner region, and outer focus error detection means for detecting the misalignment between the focal point of the optical beam and the predetermined information surface of the optical disc based on the light of the outer region; and

the control means controls the shift means based on at least one of an output from the inner focus error detection means and an output from the outer focus error detection means so as to control the shift means to shift the focal point of the optical means to information surfaces other than the predetermined information surface of the optical disc.

\* \* \* \* \*